المركز القومى للترجمة

المشروع القومى للترجمة

جينا سميث

عصر علوم
ما بعد الجينوم

كيف تحوّل تكنولوجيا علوم دنا طريقة حياتنا
و كيف تحول كينونتنا

ترجمة وتقديم
مصطفى إبراهيم فهمى

1469

منذ أعوام قليلة، تم إنجاز مشروع الجينوم البشرى ، حيث توصل العلماء إلى معرفة تركيب الجينات أو المورثات البشرية المختلفة ورسم خريطتها وموقعها على الكروموسومات فى داخل نواة الخلية ، الأمر الذى يسهل تحديد وظيفة كل منها. بعد إنجاز هذا المشروع ندخل الآن فى عصر جديد يتم فيه التطبيق العملى لمعلومات الجينوم أو هو عصر الجينوميات وتأثيرها فى حياتنا كأفراد وأسر ومجتمعات . نشأت عن هذه الجينوميات وغيرها من التطبيقات الوراثية تكنولوجيات جديدة يمكن أن توصف بأنها التطبيقات التكنولوجية لعلوم دنا ، أو علوم الحامض النووى الذى تتكون منه أساسا كل الجينات .

تعد هذه التطبيقات من أهم عناصر الثورة البيوتكنولوجية وتبشر بفوائد عظيمة للبشر . . .

هكذا فإن القرن الحادى والعشرين يبدأ بجيل من البشر هو جيل علوم مابعد الجينوم، وهو أول جيل يتاح له أن يعرف معرفة وثيقة وصفة تركيبه الوارثى أو ما صُنع منه الإنسان. إلى أين ستقودنا هذه المعرفة الجديدة ، وماذا يكون معناها، وما هى أهمية هذا المعنى بالنسبة لحياة الفرد والأسرة والمجتمع ؟

- يتناول الكتاب هذا كله بأسلوب شيق غاية فى السلاسة والرهافة ييسر للقارئ غير المتخصص أن يستوعب بسهوله بالغة كل المعلومات الأساسية فى الوراثة الحديثة، بحيث يستطيع القارئ بعدها أن يتابع بنفسه هذه الثورة العلمية الجديدة لعصر ما بعد الجينوميات أو عصر تكنولوجيا علوم دنا ، بل إن القارئ سيستطيع أيضا الإسهام فى هذه الثورة بإبداء الرأى .

عصر علوم

ما بعد الجينوم

المركز القومي للترجمة

إشراف : جابر عصفور

- العدد : 1469

- عصر علوم ما بعد الجينوم

- جينا سميث

- مصطفى إبراهيم فهمي

- الطبعة الأولى 2010

هذه ترجمة كتاب :

The Genomics Age

How DNA Technology Is Transforming The Way We Live and Who We Are

by Lawrence A. Pervin

by: Gina Smith

شارع الجبلاية بالأوبرا – الجزيرة – القاهرة . ت: ٢٧٣٥٤٥٢٤ – ٢٧٣٥٤٥٢٦ فاكس: ٢٧٣٥٤٥٥٤

El-Gabalaya St., Opera House, El-Gezira, Cairo

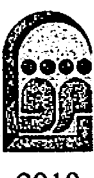
e.mail:egyptcouncil@yahoo.com Tel.: 27354524 - 27354526 Fax: 27354554

عصر علوم
ما بعد الجينوم

كيف تحوّل تكنولوجيا علوم دنا طريقة حياتنا
وكيف تحول كينونتنا

تأليف : جينا سميث

ترجمة وتقديم : مصطفى إبراهيم فهمى



2010

بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

سميث ، جينا.
عصر علوم ما بعد الجينوم: كيف تحول تكنولوجيا علوم دنا طريقة حياتنا وكيف تحول كينونتنا / تأليف : جينا سميث ، ترجمة وتقديم : مصطفى إبراهيم فهمى.
ط١ ، القاهرة : المركز القومى للترجمة ، ٢٠١٠
٣٨٠ ص ، ٢٤ سم
١ - الهندسة الوراثية .
(أ) فهمى ، مصطفى إبراهيم (مترجم ومقدم)
(ب) العنوان ٥٧٥,١٠٧٢٤

رقم الإيداع ٢٠٠٩/٢١٢٠٧
الترقيم الدولى 978-977-479-660-3
طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

المحتويات

- تقديم المترجم 7

مقدمة 11

الفصل الأول : من نكون نحن؟ 21

الفصل الثانى : كيف وصلنا إلى هنا؟ 45

الفصل الثالث : الجينوم الذى لديك – كتيب إرشاد للمالك 81

الفصل الرابع : ملفات دنا 99

الفصل الخامس : مواجهة المصير 123

الفصل السادس : ينبوع طول العمر مع الصحة 157

الفصل السابع : الإطباق على السرطان 185

الفصل الثامن : الاستنساخ والخلايا الجذعية 215

الفصل التاسع : العلاج الجينى 237

الفصل العاشر : دنا والمجتمع 265

المراجع 291

معجم 305

تقديم المترجم

هذا الكتاب ليس المقصود منه وصف مشروع الجينوم البشرى وطريقة تنفيذه ومصاعبها ، فقد كُتب الكثير بهذا الشأن ، وإنما يقصد بهذا الكتاب أن يتناول أمور فترة وعصر ما بعد مشروع الجينوم ، أو بالأحرى أن يتناول تطبيقات مشروع الجينوم أو الجينوميات، كما تسمى، وتأثيرها فى كياننا وفى حياتنا كأفراد وأسر ومجتمع. فقد نشأت عن الجينوميات وغيرها من التطبيقات الوراثية تكنولوجيات جديدة، يمكن أن نصفها بأنها تطبيقات لعلوم دنا؛ أى الحامض النووى الذى تتكون منه أساسًا الجينات أو المورثات .

بدأت تظهر علامات لما سينتج سريعًا عن هذه التكنولوجيات من ثورة بيولوجية أو جينومية فيها الكثير من الاحتمالات المفيدة للبشر؛ من ذلك مثلاً استخدام الخلايا الجذعية المستنسخة فى إنتاج أنسجة شتى وتجديدها تصلح لعلاج الأمراض المختلفة المصحوبة بضمور الخلايا، كما فى بعض الأمراض المستعصية للقلب (الانسداد التاجى) أو المخ (السكتة الدماغية والزهايمر) والعضلات (ضمور الحثل العضلى) . وقد تستخدم هذه التكنولوجيات الجديدة أيضًا فى إطالة العمر مع دوام الصحة الجيدة حتى سن قد يصل إلى المائة والخمسين، كذلك قد تستخدم هذه الثورة البيولوجية فى إنتاج الطعام الكافى للبلايين التى ما زالت تعانى الجوع فى العالم . على أن تكنولوجيا علوم دنا هى والتطبيقات الجينومية قد يكون فيها ما يلحق أضرارًا بالأفراد أو المجتمع. فهناك مثلاً بوادر تبين بدء ظهور حركة لعلم تحسين النسل بشكله السيئ السمعة . وإذا كان تحسين النسل فيما سبق قد استخدم العرق أو العنصر للتمييز بين

البشر؛ فإنه فى قرننا الحادى والعشرين سيكون أكثر رهافة ويعتمد على أحدث المعلومات التى عرفناها عن تركيبنا الوراثى فى الجينوم ليميز بها بين الأفراد. وقد تستخدم الجينوميات أيضًا استخدامًا سيئًا يؤدى إلى زيادة تميز الأثرياء عن الفقراء؛ فالأثرياء وحدهم هم الذين يستطيعون تحمل التكلفة الباهظة لاستخدام تكنولوجيا دنا فى أن يرتقوا وراثيًا بأنفسهم وبسلالتهم، بينما لن يستطيع الفقراء ذلك. هكذا يمكن أن تظهر اجتماعيًا طبقة أفراد "سوبرمان" من الأثرياء يضاف فيها التميز الوراثى إلى التميز الاقتصادى، ويزداد الاستقطاب وعمق الفجوة بين الطبقات.

حدث مؤخرًا ارتفاع كبير فى تكلفة العلاج الطبى الروتينى، ويواكب ذلك الارتفاع المتوقع لتكلفة العلاج الذى يستخدم تطبيقات علوم دنا الجديدة ، كالعلاج بالخلايا الجذعية والعلاج بالجينات، وينتج عن هذا كله ارتفاع تكاليف التأمين الصحى. وتحاول شركات التأمين خفض نفقاتها وزيادة أرباحها بأن تنتخب الأفراد الأكثر صحة للتأمين عليهم وترفع قيمة التأمين على الأفراد الأكثر تعرضًا للمرض، وتحاول الشركات هنا أن تصل إلى معرفة معلومات عن الأمراض التى قد يزيد تعرض الأفراد لها بحكم تركيبهم الوراثى، وذلك بإجبارهم على إجراء اختبارات فرز وراثى، كذلك يحاول أصحاب العمل إجراء اختبارات من هذا النوع للانتقاء بين المرشحين للعمل. لو تُرك لشركات التأمين وأصحاب العمل حرية إجراء هذه الاختبارات للأفراد إجباريًا فإن هذا سيؤدى إلى ظهور طبقة دونية وراثيًا لا يمكن أو يصعب التأمين عليها صحيًا ، ولا يمكن أو يصعب عليها التوصل لشغل الوظائف. أصبح الناس هكذا يخشون التصريح بما عرفوه من معلومات عن تركيبهم الوراثى عندما يجرون لأنفسهم اختبارات وراثية قد تبين استهدافهم لأمراض معينة كالقلب أو السرطان ، وبالتالى فإنهم بإخفاء هذه المعلومات يعرضون أنفسهم لاحتمال إصابتهم بالمرض ، وبدلاً من أن يستفيدوا من الثورة الجينومية التى يُفترض أن تؤدى إلى توقيهم المرض، فإنهم يتعرضون للإضرار بصحتهم .

التطبيقات الجينومية قد يساء استخدامها أيضاً لأغراض سياسية ، فتستخدم لتبرير التعصب والحتمية الوراثية ولتمزيق التماسك الاجتماعى والدعوى بأن على كل فرد أن يحمى نفسه بنفسه ، وليس على الدولة أو المجتمع أى التزام للأفراد ، خاصة إذا كان هؤلاء الأفراد لديهم عيوب وراثية. وتستخدم أبحاث الجينوميات لإلقاء اللوم فى مشكلات الأفراد والمجتمع على العوامل الوراثية وحدها، التى يزعم عدم إمكان إحداث تغيير فيها . فمرض السمنة مثلاً هو نتيجة جين وراثى بأكثر من أن يكون نتيجة لسوء التغذية بالإفراط فى الطعام . ثم تبرر أمراض أخرى بدنية واجتماعية بحجج وراثية بهذه الطريقة ، بحيث يتوجه الانتباه للعوامل الوراثية وحدها التى لا يمكن تغييرها ويُصرف النظر بعيداً عن العوامل البيئية بالمعنى الواسع للبيئة، وهى عوامل يمكن تغييرها . الأمر هكذا يشبه أن نحاول حل مشكلة حوادث الطرق بأن نجرى بحثاً للعثور على الأفراد المستهدفين وراثياً، لأن تدهسهم السيارات ، بدلاً من أن نحل المشكلة بتوفير أماكن آمنة لعبور الطرق ، وبدلاً من معالجة الأسباب الأخرى الرئيسية للحوادث كالسرعة وسوء القيادة بسبب تناول المخدرات أو الكحول ... وغير ذلك . الواقع أن هذا الاستخدام السيئ للتطبيقات الجينومية قد أدى لبدء ظهور بعض بوادر للصورة السيئة لتحسين النسل هى نتيجة طبيعية لنظرية الحتمية الوراثية ، وكلها تحاول الاستناد إلى التطبيقات الجديدة للجينوم واختبارات الفرز الوراثى والهندسة الوراثية .

الخلاصة ، أن الجيل الحالى فى أوائل القرن الحادى والعشرين هو أول جيل بشرى يتاح له أن يعرف عن كثب ما يُصنع منه الإنسان أو وصفة تركيبه الوراثى، وذلك بواسطة الجينوميات وعلوم دنا الجديدة . الأسئلة المهمة الآن لعصر علوم ما بعد الجينوم هو إلى أين ستقودنا هذه المعرفة الجديدة ، وما الذى يكون معناها بالنسبة إلى حياة الفرد والأسرة والمجتمع ، خاصة مجتمع أجيال المستقبل ، وعندما ندرك هذا المعنى ما النتائج المحتملة سواء كانت إيجابية أو سلبية أو بين بين ؟ لا شك أنه يجب

أن يكون للجماهير صوتها فيما سيجرى عليها من تطبيقات لهذه العلوم ، ولابد أن يكون للجماهير دورها بالإسهام بالرأى فى هذه التكنولوجيات الجديدة ، ولا يتأتى ذلك إلا بأن يكون لدى هذه الجماهير حد أدنى من المعلومات والثقافة العلمية فى هذا الصدد بما يتيح لها هذه المساهمة . كما أن هناك قرارات سياسية واقتصادية فى هذا الشأن يصدرها أصحاب القرار فى حين أنهم كثيراً ما لا تكون لديهم دراية حقيقية بهذه الأمور .

توجه جينا سميث – مؤلفة الكتاب – خطابها للقارئ غير المتخصص ، ومن أهم ما يلفت النظر في كتابها ما لها من أسلوب سلس رهيف ولغة تعد من أسهل ما يُقرأ فى كتب الثقافة العلمية ، ولديها طريقة آسرة فى التدرج فى عرض المعلومات الأساسية والمقدمات المنطقية على نحو شيق واضح، لتصل بالقارئ إلى النتائج والتوقعات العلمية بالسلاسة والوضوح نفسهما . هكذا تتوافر للقارئ الإحاطة بالمعرفة العلمية اللازمة لمتابعة هذه الثورة العلمية الجديدة ، وللإسهام فيها برأيه ، ولاتخاذ القرار الحكيم حول رفاهة الفرد والأسرة والمجتمع ، بحيث يمكن تعظيم الفوائد لأقصى ما يمكن ، وتقليل الأضرار لأدنى ما يمكن .

د. مصطفى إبراهيم فهمى

مقدمة

قبل أن نبدأ

هذا إنجاز أعظم من اكتشاف الفاكسينات والمضادات الحيوية مجتمعة معًا، ليس من المبالغة أن نقول إنه كنتيجة له لن يكون عالم البشر أبدًا هو العالم نفسه.

وأنا طبعًا أتحدث عن اكتشاف دنا، اللولب المزدوج، بواسطة أمريكى وبريطانى، هما جيمس واطسون وفرنسيس كريك فى ١٩٥٣ . ذات يوم بارد فى فبراير يثير القشعريرة حدث شيء عميق ، لم يرد ذكره إلا نادرًا فى صحف ذلك العام كله . على أن واطسون وكريك كانا يدركان أهميته . "لقد وجدناه !" هكذا صرخ كريك وهو يدخل مندفعًا إلى حانة "إيجل = النسر" التى تقع تجاه جامعة كمبريدج قريبًا من معملهما . "لقد وجدنا سر الحياة !" [١]

وتكرر بعدها فى أبريل ٢٠٠٣ ، أى بعد مرور خمسين سنة بأكملها ، أن أخذ التاريخ يُصنع ثانية . أعلنت مجموعة من العلماء أنهم قد أخذوا تبصرات واطسون وكريك العظيمة، ليرتفعوا بها إلى مستوى آخر. نشر هؤلاء العلماء قائمة هائلة – قائمة من الكيماويات التى تصنع كل الجينات فى دنا الجنس البشرى، وبكلمات أخرى فقد نشروا تتابعات(*) الجينوم البشرى، والآن يمكن أن نبدأ أبحاث تغيير الحياة .

(*) التتابعات المقصودة هى تتابعات القواعد العضوية فى دنا، كما سترد تفصيلا فيما يلى. (المترجم)

معرفة ما يصنع منه الكائن البشرى هى أول خطوة تجاه أن نعرف طريقة علاج هذا الإنسان عندما يصاب شىء فيه بتلف، أو أن نعرف فى المقام الأول الطريقة لمنع أن يصاب شىء فيه بتلف . بل إن هذا قد يعنى فى النهاية أن نعرف الطريقة لبناء إنسان أفضل بالكامل . وكل هذا مهم بل وخطير . إلا أن هناك بعض شىء قد حدث أيضًا عندما ظهرت هذه المعرفة إلى النور . نحن البشر – الذين نسعد كل السعادة بأنفسنا وقدرتنا على التعقل، والبحث ، واستغلال الطبيعة – أصبحنا أول كائنات حية على كوكبنا فى تأملنا لأنفسنا، نتأملها وهى عند أكثر المستويات تأسسًا ، لنكتشف اللغة التى كُتب بها صميم وجودنا .

الجينوم اسم يطلق على المجموع الكلى للجينات فى أحد الأنواع – أى معلومات دنا التى تحدد ما إذا كان للكائن شعر ، أو حوافر ، أو أسنان ، أو ذيل. الجينوميات علم بازغ لفهم الجينوم البشرى ، ولتحديد الطريقة التى يؤدى بها دنا فى كل إنسان إلى أن يُحدث الهُوية والصحة والمرض . هذا وقد أخذت تنطلق من الجينوميات علوم أخرى بسرعة تكاد تماثل سرعة تعلمنا للمصطلحات؛ فهناك أولاً الجينوميات الوظيفية، ثم الجينوميات المقارنة ، ثم البروتيوميات(*) .. وينقسم العلم إلى فروع ثم إلى فروع ثانية .

إلا أن هناك شيئًا واحدًا أكيدًا . فمهما حدث من تفرع وتقسيم، فإن علم دنا الجديد سيحدث تحولاً فى كل شىء يلمسه وخاصة فى الطب علاجًا وتشخيصا. هناك كذلك علم الجريمة ، وتحديد البروفيل الوراثى ؛ وأبحاث السرطان ومكافحة الشيخوخة؛ التاريخ ؛ الأخلاقيات ؛ السياسة ؛ ولا ننسى هنا الاقتصاد . تفيض عشرات البلايين من الدولارات من الجامعات ودوائر الأشغال لتغوص فى مجالات تتعلق بدنا .

(*) البروتيوم : دراسة البروتينات فى الكائن الحى للتعرف على بنية كل بروتين وشكله بأبعاده الثلاثية ووظيفته. (المترجم)

يقول جيمس واطسون، الرجل الذى له من المعرفة ما ينبغى ، "هذا مورد هائل سوف يغير البشرية مثلما غيرتها مطبعة الكتابة ". (٢)

اخترع جوهانز جوتنبرج مطبعة الحروف المتحركة حوالى ١٤٥٠ ، وبحلول ١٥٠٠ كان هناك ألف كتاب فى أوروبا . يعتبر معدل سرعة هذا التغير على أنه عموماً معدل خارق للمعتاد، ولكن ثورة دنا تجعل هذا المعدل للتقدم مثيراً للخجل.

فى ١٩٨٥ ، كنت طالبة فى الجامعة أدرس الكيمياء فى جامعة ولاية فلوريدا، عندما ذكر أستاذ الكيمياء العضوية لفصلنا أنه لن يتم رسم خريطة الجينوم البشرى فى أثناء حياتنا . ولفترة بدا كأنه على صواب . وعلى أى حال، فإن فك شفرة أول جينوم – وكان لخلية البكتريا البسيطة التى تسبب حمى الالتهاب السحائى(*) – لم يتم إلا فى ١٩٩٥ – ومع ضآلة حجمه إلا أن فك شفرته استغرق سنوات عديدة .

ثم ما لبث العلم أن انعطف عند أحد المنحنيات، تمكن الباحثون ، بفضل ما يرجع أساساً إلى تقدم تكنولوجيا الكمبيوتر ، من أن يرسموا الخطوط الخارجية لأول مسودة لكل البلايين الثلاثة من العناصر المكونة لدنا البشرى ، أى كل القواعد العضوية من الأدنين (أ) والسيتوزين (س) والثيمين (ث) والجوانين (ج) ، وهى مسودة يبلغ حجمها ما يقرب من ٢٠٠ نسخة من دليل تليفونات مدينة نيويورك .

ما زال هناك قدر هائل من البحث يجب إنجازه؛ فيحاول الباحثون الآن فهم محتوى الكتاب الذى فتحوه، وحسب ما يقوله فرنسيس كولنز رئيس "مشروع الجينوم البشرى" ، الحال يشبه أننا قد اكتشفنا " كتاب الحياة "، لنجد – لا غير – أن الكتاب مؤلف بلغة غير معروفة . ويعنى هذا أن يتبقى لدينا الكثير لنفعله ، وأن فوائد دنا ستصل إلينا مجزأة ، كلما زدنا فصاحة فى استيعاب قواعد نحو دنا وتحولات كلامه المتميزة.

(*) حمى الالتهاب السحائى أو الحمى الشوكية : التهاب فى أغشية المخ والنخاع الشوكى يصحبه حمى وقىء وصداع شديد وتصلب الرقبة . (المترجم)

يجب كذلك أن نحرص على ألا ننجرف بتهويل الدعايات الذى يحيط بهذا العمل وما له من وضع بارز . ويقول كولنز إن النزعة السائدة هى أنه عند السماع باكتشاف جين جديد - كجين له مثلاً علاقة بمرض السكرى أو بمرض بالقلب - يتوقع الجميع تو اللحظة إيجاد علاج شافى للمرض.

قال لى كولنز فى أثناء إنهائى لأول مسودة لهذا الكتاب ، " تنزع التنبؤات فى العلوم لأن تبالغ فى التفاءل على المدى القصير، لكنها تنزع للإقلال من التفاؤل على المدى الطويل . أعتقد أن هذا ينطبق هنا أيضا . كان هناك توقعات جامحة مبالغ فيها لظهور فوائد مباشرة تو اللحظة (وعلاجات شافية للأمراض) تنتج عن مشروع الجينوم البشرى، وساعدت هذه التوقعات على أن تزود بالوقود ما حدث من سعار بالبيوتكنولوجيا فى أواخر تسعينيات القرن العشرين ، ولكن ما من أحد أعرفه كان يعتقد أن هذه التوقعات لديها أى فرصة لأن يتم وقوعها بهذا المعدل السريع" .

ثم أضاف قائلاً ، "عندما انفجرت الفقاعة الاستثمارية ، أخذ بعض الناس يتشكّون من أن مشروع الجينوم البشرى مشروع فاشل لم ينتج ربحًا . على أن ما كان فاشلاً هو تلك التنبؤات المفرطة فى الخيال التى لم تنتج أى ربح . سوف نصل إلى الهدف ، وسوف نحققه ، إلا أن ذلك لن يكون غدًا أو فى اليوم التالى . وعلى أى حال فقد تم التوصل إلى البلايين الثلاثة من الشفرة بطريقة مضبوطة وعلنية، وقد أنجزنا هذا الأمر . ولكن هناك أمرًا آخر وهو أننا فى حاجة الآن لأن تنطلق أفضل العقول وأذكاها فى كوكبنا إلى المستوى التالى من فهمنا".(٣)

على أنه إذا كان هناك من يريدون تأجيل انفعالهم بسبب تلك القائمة الطويلة لما يجب عمله، فليس عليهم إلا أن ينظروا - لا غير - إلى الإنجازات الجينومية ذات الأهمية القصوى التى توصلنا لها بالفعل . فهذه نتائج كانت تبدو منذ سنوات قليلة فحسب كأنها من روايات الخيال العلمى .

ولننظر فى أمر بعضها؛ حيث أثبت اختبار أدلة الاتهام بدنا براءة ١٤٤ من السجناء المدانين(٤) حتى كتابة هذا ، وما زال العد مستمراً . وقد تم هكذا تبرئة أفراد كثيرين فى عنابر الإعدام ، بلغ من كثرتهم أن جورج ريان حاكم الينوى خفف كل أحكام الإعدام فى الولاية لتكون أحكامًا بالسجن لمدى الحياة أو لزمن أقل .

بل إن هناك ألغازًا لجرائم تاريخية أخذت تجد حلاً لها، وعلى سبيل المثال، يبدو أن أدلة دنا قد أثبتت براءة سام شبرد بعد موته ، وكان قد اتهم بقتل زوجته فى ١٩٥٤ . (لعل القارئ يتذكر أن قضية شبرد هى التى أوحت بكل من العرض التليفزيونى والفيلم السينمائى الذى كان عنوانهما ، "الطريد = Fugitive"(*)، وقد تأكدت الآن الشائعة التى دامت لزمن طويل عن أن توماس جيفرسون(**) أنجب أطفالاً من سالى هيمنجز إحدى جواريه، فبينت الاختبارات الوراثية أن بعض أطفال هيمنجز على صلة قرابة مباشرة بذكر من آل جيفرسون .

تستخدم أدلة دنا أيضًا فى استنتاج كل شىء ، ابتداء من مكان دفن كريستوفر كولومبوس ووصولا إلى ما إذا كان الفتى بيلى(***) قد مات فعلاً فى ثمانينات القرن التاسع عشر ، أو أنه كما تقول إشاعة قد واصل العيش بعدها؛ حيث عرف باسم "بيل الكث" ، المسن المقيم فى دار للمسنين ، والذى زعم فى خمسينيات القرن العشرين أنه الفتى بيلى .

(*) "الطريد" رواية عن طبيب برىء اتهم بقتل زوجته وفر من الشرطة حتى ثبتت براءته، وقد عرضت الرواية فى مسلسل تليفزيونى وفيلم شهيرين . (المترجم)

(**) توماس جيفرسون الرئيس الثالث للولايات المتحدة (١٨٠١ - ١٨٠٩) وواحد من الشخصيات الرئيسية فى وضع وثيقة الاستقلال .(المترجم)

(***) الفتى بيلى أحد الأشقياء الحقيقيين فى الولايات المتحدة، واشتهر بمغامراته وفراره من الشرطة.(المترجم)

كما أن مجال الاختبارات الوراثية قد أخذ الآن يتفجر بدوره، وكلما حدد الباحثون المزيد والمزيد من الطفرات الجينية الخاصة بأمراض معينة ، يتلو ذلك مباشرة ظهور اختبارات دنا التى تتيح اختبار الأفراد بشأنها، وفى إمكانك أنت وطفلك الذى لم يولد بعد أن تُختبرا بالفعل لاستهدافكما لمئات من الأمراض، وفى بعض الحالات فإن العثور على خلل محتمل واتخاذ الإجراءات فى التو لتفاديه يمكن أن ينقذ حياتك .

بدأت أدوية دنا تظهر على نحو أبطأ ، لكنها أخذت تصل لنا بدورها. هناك فعالية مذهلة لبعض أدوية دنا مثل دواء "إنبريل" لعلاج التهاب المفاصل الروماتيدى"(*)، و"جليفيك" لعلاج نوع معين من الليوكيميا(**)، وهذه الفعالية ترسم لنا مستقبلاً كله تفاؤل فيما يتعلق بالأدوية التى تصوب بدقة لهدفها ، وهذا الهدف هو المشكلة الوراثية التى تكمن وراء المرض، ويعتقد العلماء أنهم على وشك تكوين أدوية شخصية لكل فرد كيماويات تصمم خصيصًا ليكون مفعولها أفضل مع التركيب الوراثى الخاص لكل شخص ما زلنا بعيدين عن الوصول للكأس المقدسة لعلوم دنا ، وهى متابعة كل مرض أو اعتلال بشرى متابعة مباشرة للوصول إلى جين واحد أو مجموعة جينات تسببه . نعم ، هناك بعض تقدم فى العثور على جينات لها ارتباط بأمراض مثل: السرطان ، وأمراض القلب ، والسكرى ، وسوف نقرأ الكثير عن هذا التقدم فى هذا الكتاب . إلا أن من المؤكد أن الأمر أصعب مما كان الناس يظنونه، فمعظم الأمراض لا تكون مجرد طفرات فى جين واحد، وإنما فى جينات كثيرة، وحتى نعالج الأمراض

(*) التهاب المفاصل الروماتيدى نوع من التهاب مزمن مناعى، يصيب عادة المفاصل الصغيرة ويؤدى لتصلبها. (المترجم)

(**) التصلب المتعدد مرض مزمن يتحلل فيه غشاء الألياف العصبية، ويؤدى إلى أنواع شتى من الشلل فى الجسم. (المترجم)

الوراثية، سيكون من الضرورى - ليس فحسب - أن نفهم الجين المرتبط بالمرض، وإنما أن نفهم أيضًا البروتينات التى يصنعها الجين ، وكل ما يحدث بطول المسار من أول الطفر حتى الاعتلال، وهذا هو الجزء الأصعب .

ولكن سواء كان الأمر سيستغرق سنوات أو عقوداً ، فإن هناك شيئًا مؤكداً، وهو أن الأدوية قد تغيرت للأبد . لما كان العلماء الآن يفهمون دنا بعض الشيء ، فإنهم بالفعل يستخدمون معرفتهم هذه بدنا فى إنتاج هرمونات بشرية ، والمساعدة على الإقلال من اعتلالات القلب ، وكمش الأورام ، وعلاج التصلب المتعدد.(*) هناك مزيد من التطورات تفد علينا ، وإذا كان للتاريخ دوره كمرشد، فإن لنا أن نتوقع وصولها بمعدل أكثر وأكثر سرعة .

سنصل فى النهاية إلى أن نعيش فى عالم حيث الأمراض لا تعالج فحسب؛ وإنما سيتم فى المقام الأول توقى وقوعها .

أخبرنى دافيد بالتيمور الحائز على جائزة نوبل أنه شعر بقشعريرة عندما قرأ لأول مرة ورقة البحث العلمى التى أوردت تفاصيل الجينوم البشرى ، وهو من عاين الكثير من البيولوجيا فى حياته المهنية الطويلة . وبالتيمور الآن رئيس معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا .

يقول بالتيمور إن البيولوجيا قد دخلت عهداً جديداً . " بدلاً من أن نخمّن كيف أننا نختلف الواحد عن الآخر ، سوف نفهم ونستطيع تشكيل خبرات حياتنا حسب ميراثنا. سوف نستطيع أيضًا ، إلى حد ما ، أن نتحكم فى هذا الميراث . نحن نكوّن عالمًا سيكون من الواجب فيه على كل فرد أن يكون لديه حصيلة تعلم علمى بالقدر الكافى لأن يفهم أوجه الثراء الجديدة فى المعرفة ، حتى نستطيع تطبيقها بحكمة".(٥)

(*) الليوكيميا: سرطان كرات الدم البيضاء ، ويبدأ فى نخاع العظام التى تكون خلايا الدم. (المترجم)

منذ زمن طويل والعلماء مثل بالتيمور يفهمون أقصى ما وصلت إليه الجبهة الأمامية للجينوم البشرى وما تعنيه بالنسبة للبشر . أما بالنسبة إلى سائرنا فقد استغرق ذلك وقتًا أطول قليلاً . ونجد بالنسبة إلى معظم الأمريكيين أن مصطلحات ثورة دنا جديدة تمامًا عليهم ، ولم تأخذ فى الظهور فى الصحف والتليفزيون إلا الآن .

علم دنا بسيط ، ورائع ، ويقبل الاستيعاب فى النهاية . لا يحتاج المرء إلا إلى البعض القليل من خلفية عنه ، والبعض القليل من التبصر فيمن يكون من يفعل ماذا ، وما الذى سيأتى ، وما الذى يكون مجرد تهويل دعائى .

ما يدور حوله هذا الكتاب كله هو اختصار الطريق لما يسمى ثورة دنا .

***

أهدف من هذا الكتاب إلى تغطية ما يرجح أن يتكشف من تطورات فى السنوات العديدة القادمة ، وذكر تفاصيل أوجه التقدم التى من المتوقع أن تجلبها لنا أبحاث دنا . وبهذه الطريقة يمكننا الاستفادة من هذه المعرفة فى أثناء حياتنا .

فى الفصول الثلاثة الأولى سأسعى إلى أن يصير القارئ على دارية بالمصطلحات وبالتكنيكات وبالخلفية، التى يحتاجها لفهم أمواج المد المتعالية لقصص دنا فى الأخبار . وهذا الجزء لازم للقارئ الذى لا يعرف كيف يفرق الجين من الكروموسوم، أو للقارئ الذى يحتاج – لا غير – لإنعاش ذاكرته عن بعض المصطلحات والتكنيكات الجديدة .

سوف نلقى بعدها نظرة داخل المعامل، التى تحدث فيها التطورات المفتاحية فى المناطق الساخنة مثل بصمة دنا ، والاختبارات الوراثية ، والعلاج بالجينات ، والاستنساخ وأبحاث الخلايا الجذعية ، والتجارب ضد الشيخوخة . أما الفصول من

الرابع حتى التاسع فيلاقى القارئ فيها العقول الكامنة وراء العلم ، بالإضافة إلى اكتساب فهم واضح لطريقة هذه العقول فى مواجهة التحدى .

وفى النهاية سوف نتأمل، على الرغم من أنى ضمّنت تعليقات من علماء الأخلاق والاجتماع خلال الكتاب كله ، فإننى فى الفصل العاشر أغوص بشكل أعمق فى القضايا الأخلاقية التى تواجهنا جميعا . هل ينبغى أن يُسمح للحكومات بتكديس قواعد بيانات عنا جميعًا بكل فرد واحد فينا ؟ هل يمكن أن تؤدى الاختبارات الوراثية إلى طبقة سفلية ممن لا يمكن التأمين عليهم ولا توظيفهم ؟ كيف ستؤثر ثورة دنا فى حياة الواحد منا وحياة عائلته ؟ سوف أبحث كيف ستؤدى التطورات الحالية واندفاعاتها الواقعية إلى تغيير عالم أطفالنا وأطفال أطفالنا .

هذه قضايا يلزم أن نفكر فيها جميعًا . إلا أن اتخاذ القرارات الصحيحة لا يمكن أن يتم إلا بعد تأسسنا تأسسًا معقولاً فى علم دنا - من الذين يقومون بدور فيه وما الذى تدور التكنولوجيا كلها حوله . لن نستطيع أن نستثمر أو نتابع صناعة دنا إلا بمعرفة هذه الأمور .

آمل أن يمنح هذا الكتاب القارئ نفاذ البصيرة فيما يحدث فى هذه الثورة التاريخية، وألا يقتصر أمره على ذلك ، وإنما يمهد له أيضًا اللغة والخلفية اللازمتين لإلقاء الأسئلة الصعبة - عن نفسه ، وعن الساسة الذين يمثلونه ، وعالم الأشغال ، والمجتمع العلمى . ومع أن الكتب التى تواجه هذا التحدى ليست كثيرة ، فإن القارئ سيجد أن هذا الكتاب واحد منها .

والآن ، هيا قُدما !

الفصل الأول

من نكون نحن؟

عندما عبر واشنطن نهر ديلاور حدث تو هذا الوقت تقريبا، أن كتب الكيميائى الفرنسى أنطوان – لورنت لافوازييه فى كراسة ملاحظاته أن "الحياة عملية كيميائية".

لافوازييه هكذا إما أنه كان محظوظا، أو أن له بصيرة نافذة للمستقبل، فإن كان محظوظا فإن حظه لم يبق مستمرا؛ حيث حبسه الثوار الفرنسيون وقطعوا رأسه فى ١٧٩٤ . على أنه لم يحدث إلا بعد قرنين أن تفهم العلماء المبادئ الأساسية للوراثة ليتوصلوا إلى الاتفاق على نطاق واسع على أننا نرث صفاتنا من والدينا خلال عملية لا يمكن أن توصف إلا بأنها "كيميائية"؛ فتنتقل الوراثة محمولة بالجينات – والجينات مصنوعة من دنا .

أعلن العلماء فى ٢٠٠٠ أنهم قد استهلوا ما قالوا عنه إنه ثورة علمية، وذلك عندما فتحوا كتاب الحياة البشرية . وبعد ذلك بثلاثة أعوام ، سلّم العلماء فى أبريل ٢٠٠٣ النسخة النهائية لذلك الكتاب .

نادى العلماء بأنهم قد اكتشفوا المواد التى تصنع دنا فى الجينات البشرية ، وقد اكتشفوها كمواد كيميائية الواحدة بعد الأخرى .

يشرح الأمر فرنسيس كولنز مدير المعهد القومى لأبحاث الجينوم البشرى فى بيثسدا، ويقول ، " أساسا ، نحن الآن قادرون على قراءة كتب التعليمات الخاصة بنا" ؛ مصطلح " كتاب التعليمات " كما يقول كولنز يكاد يكون البداية فى تحديد ما كشفت عنه تلك الأبحاث، فالكتاب أيضًا كتاب للتاريخ يفسر الطريقة التى تطور بها البشر عبر الزمن . فهو دليل إرشادى لأحد المتاجر يصف بدقة لا تصدق طريقة بناء كل خلية فى الجسد البشرى . وكما يقول كولنز فإن من أهم الأمور أنه كتاب طب دراسى يحوى تبصرات نافذة تساعد الأطباء فى أن يتنبأوا بالمرض، ويصلوا فى النهاية إلى شفائه.

إنه لما يثير تواضعى ويبعث الروع فى نفسى أن أدرك أننا قد استوعبنا أول لمحة من كتاب التعليمات الخاص بنا ، والذى لم يكن يعرفه فيما سبق إلا الله .

د. فرانسيس كولنز، رئيس مشروع الجينوم البشرى(*)

ويضيف كولنز ، "نحن أول جيل فى التاريخ يقلب صفحات هذا الكتاب، وهى خبرة تبعث الروع والتواضع فى أى فرد يتأملها، وعندما ننظر أمر اللحظات الملحمية فى التاريخ البشرى ، يجب أن يرد هذا الأمر فى موضع مرتفع جداً من القائمة. سوف يضع التاريخ قراره ، ولكنى أضع مشروع الجينوم البشرى فى مرتبة تجاور انشطار الذرة أو السفر إلى القمر".[١]

تقديم لدنا الذى نمتلكه

يعرف الآن كل واحد تقريبا أن كلمة دنا هى اختصار لحامض دى أوكسى ريبو نيوكليك، لكن هل تعرف أين يكون دناك ؟ هل تعرف الفارق بين الجين والكروموسوم؟ هل تعرف أن جيناتك تقع على كروموسوماتك وليس العكس ؟ هل تعرف كيف يمكن استخدام الاستنسال (الاستنساخ) لمحاربة مرض السكرى؟ وهل تعرف أى الشركات تستخدم دنا إحدى الديدان لتكتشف طريقة لإبطاء شيخوخة الإنسان، أو كيف يستخدم الأطباء معرفتهم عن دنا ليكسبوا فى النهاية معركتهم ضد السرطان ؟

(*) تعليقات كولنز هو والآخرين التى ركزنا الانتباه عليها فى هذا الفصل قد أخذت عن مقال "ماذا قالوا: الجينوم فى استشهادات" ، مجلة "بى بى سى نيوز = مجلة هيئة الإذاعة البريطانية" (٢٦ يونيو ، ٢٠٠٠). هذه الخلاصة من الاستشهادات مأخوذة عن الإعلان الجماهيرى عن إتمام مسودة تتابعات الجينوم البشرى وهو متاح فى موقع : .http://news. bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/807126.stm.

معظم الناس لا يعرفون أيًا من ذلك .

ستهيمن علوم دنا على القرن الحادى والعشرين ، ونحن فى حاجة لأن نفهم المصطلحات والمفاهيم إذا كان لنا أن نبقى عند القمة، ونستفيد من أوجه التقدم الهائلة التى تتعلق بدنا فى الطب والعلوم الأخرى .

يبدو هذا العلم لأول وهلة مخيفا ، لكن ما أن يصل المرء إلى استيعاب القليل من المصطلحات والمفاهيم ، حتى يرى أن هذا العلم كله هو فى الواقع علم بسيط تمامًا .

نظرة من أعلى

نسمع كثيرا أن دنا "يحمل" المعلومات – وسوف نصل إلى ذلك بعد دقيقة، لكن دعنا أولا نتحدث عن دنا كشىء ، جزئ فعلى يشغل مكانا فيزيائيا.

حتى نصل إلى بعض منظور هيا نبدأ بما هو كبير، لنصل إلى ما هو صغير.

هيا نأخذ جسدا بشريا ، أى جسد، لعلك تعرف أنه يتكوّن من عشرة أجهزة : الجهاز العصبى ، والعضلى ، والعظمى ، والهرمونى ، والهضمى ، والتنفسى ، والدورى ، والمناعى ، والتكاثرى ، والإخراجى .

أعتقد أننا سننظر إلى هذه الفترة على أنها زمن تاريخى ، نقطة بداية جديدة.

كريج فنتر، مؤسس شركة سيليرا جينومكس.

كل جهاز من هذه فيه أعضاء . وعلى سبيل المثال، فإن المعدة عضو فى الجهاز الهضمى.

كل عضـو يتكون من خلايا ، مـثله مـثل كل شىء حى آخـر، فالمعدة مصنوعة من خلايا المعدة، وكل خلية تقريبا ، سواء فى المعدة أو غيرها ، لديها نواة فى مركزها، وهنا، بالنسبة إلىّ ، تصل الأمور إلى ما يثير الاهتمام .

تحوى كل نواة كروموسوماتها ، بنى تشبه قضبان ، وهى تحت الميكروسكوب تشبه كثيرا حزما من الخيوط . تحوى كل نواة خلية عددا من الكروموسومات هو بالضبط ثلاثة وعشرون زوجا . (وذلك باستثناء الخلايا التكاثرية ، التى تحوى نصف العدد الطبيعى من الكروموسومات . وهذا أمر معقول باعتبار أن التكاثر هو نتيجة التحام خليتين - حيوان منوى وبويضة).

هيا نمعن النظر إلى أى كروموسوم بعينه - لنختر كروموسوم ١٩ داخل نواة بعينها هى نواة خلية معدة نفحصها - سنجد أن دنا الكروموسوم يلتف بإحكام داخلها، ولو فككنا هذا الدنا وفردناه سنجد أن شكله يشبه كثيرا جداً السلّم المتنقل، وتشكل مواد سكرية وفوسفاتية جانبى كل سلّم ، وتقترن "القواعد" الأربع فى أزواج ليشكل كل زوج درجة فى السلّم .

> لا يعد هذا إنجازا رائعا لزمن حياتنا فحسب ، لكنه رائع أيضًا بالنسبة إلى التاريخ البشرى . وأنا أقول هذا لأن مشروع الجينوم البشرى له بالفعل إمكانية أن يؤثر فى حياة كل فرد فوق هذا الكوكب .

د. ميشيل ديكستر ، مدير اتحاد شركات ويلكوم.

القواعد هى الجوانين والأدنين والثمين والسيتوزين - واختصارها (ج) و(أ) و(ث) و(س). وقد يسمع القارئ أيضًا أنها تسمى "الحروف" أو "النيوكليوتيدات". إذا نظرنا إلى دنا كلغة ، وهذا ما أفعله ، ستكون هذه هى حروفها الأبجدية .

يُصنع أى جين معين من دنا ، والجين ببساطة هو مجموعة من أزواج القواعد على جزئ دنا، وعلى سبيل المثال، نستطيع هنا أن نجد على كروموسوم ١٩ سلسلة طويلة من القواعد التى تشكل معا ما يسمى جين "أبو APOE". قد يرث من يكون حظهم سيئا نوعا خطرا من هذا الجين (وله ثلاثة أنواع) فوق كروموسوم ١٩، ويمكن أن يؤثر ذلك فى قدرة صاحب هذا الجين الخطر على تحليل الكولسترول والدهن، مما يؤدى إلى مرض الشريان التاجى ، أو الزهايمر ، أو علل أخرى تتعلق بالدهن .

على أى حال ، إذا أمكننا اكتشاف عامل الخطر هذا مبكرا ، وها هنا يكون تحديد تتابعات الجين ملائمًا للاستعمال من خلال اختبار وراثى ، فإن صاحب الجين الخطر قد يختار الإقلال من المأكولات الدسمة ، وهو اختيار يمكن أن يطيل من عمره.

السبب فى أن دماءك ليست دمًا أزرقا (ملكيا)

ظل يرد فى الفولكلور، طيلة قرون ترجع وراء فيما يفترض إلى زمن أرسطو ، أن الوراثة تمرر من خلال دمائنا، وتستطيع أن تتفهم هذه الفكرة عندما تنظر فى مصطلحات مثل " دم فاسد " أو "دم مخلط" ، أو "دم ملكى" ، أو "دم أزرق" ، أو "سلالة دم".

مما يثير السخرية أن دمنا الأحمر ليس فيه تشفير للوراثة بأى حال؛ فخلايا الدم الحمراء هى النوع الوحيد من خلايا جسدنا التى ليست فيها دنا؛ لأنها الخلايا الوحيدة فى جسدنا التى ليس فيها نواة .

فتأمل .

الخلاصة أن لدينا ٣٠٠٠٠ من الجينات تقع على كل أزواج الكروموسومات الثلاثة والعشرين ، وهى موجودة فى نواة كل خلية تقريبا من خلايانا، وتصف هذه الجينات عن طريق الحروف الأبجدية ج وأ وث وس كل شىء يخصنا ، ابتداء من الطول ،

ومدى تجعد الشعر ، ووصولا إلى احتمال أن يعانى المرء من سوء رائحة الأنفاس أو السرطان .

لكل فرد منا تتابعاته الشخصية من قواعد دنا هى اللغة التى كُتب بها كل ما يخصه، ومن المثير للاهتمام أن كل خلية تقريبا فى جسدك تحوى كل المعلومات المطلوبة لأن تبنى بالكامل (أنت) آخر جديدا .

رؤية لدناك

جزئ دنا المفرد طويل ونحيل بدرجة لا تصدق . عندما نفك تلافيفه من الكروموسوم الميكروسكوبى ، نجد أن الخط المفرد يمتد لما يقرب من بوصتين (حوالى ٥ سم) . لو فردنا دنا الموجود فى كل الثلاثة والعشرين كروموسوما الموجودة فى بويضة بشرية يماثل حجمها تقريبا حجم الفاصلة الموجودة فى آخر هذه العبارة ، سوف يتضاعف طوله فى مجموعه إلى ما يقرب من ستة أقدام (حوالى٢م).

لو صُفّت كل خيوط دنا من كل خلية فى جسدنا وقد تلامست طرفا بطرف ، سيكون طولها كلها معا كافيا للوصول إلى الشمس، ثم العودة منها لخمسمائة مرة، لكن هذا الخيط نفسه سيكون رفعه أقل من الشعرة البشرية بآلاف عديدة من المرات.

> دنا ببنيته ووظيفته قد أصبح بأعمق المعانى جزءا من تراثنا الثقافى يماثل شكسبير ، أو أنه نصر ساحق تاريخى ، أو أنه يُعد من الأمور التى نتوقع أن يعرفها أى شخص متعلم .

عالم الميكروبيولوجيا روس ل. كابل ، من كتاب له مع ج. ج.ف ناسال، إعادة تشكيل الحياة : قضايا مفتاحية فى الهندسة الوراثية (ملبورن ، أستراليا: نشر جامعة ملبورن ، ٢٠٠٢)

هيًا ننظر الآن مدى ما يكون دنا مدموجا لدينا؛ كل خلية تقريبا فى جسدنا تحوى ما يزيد عن ستة أقدام من دنا الملفوف داخلها .

وحتى مع ذلك ، فإن الملمح البارز لدنا هو الطريقة التى يختزن بها المعلومات ، معلومات تعطى للخلية بدقة التعليمات عن طريقة إعادة نسخ نفسها، وعن الوظائف التى تؤديها .

ولكن ما الذى يفعله دنا بالضبط ؟

مهمة دنا بسيطة، فشفرته تنبئ الجسد بطريقة بناء البروتين .

يوجد البروتين فى الأساس من كل الأشياء الحية، فتعتمد كل الخلايا الحية على البروتينات فيما يتعلق واقعيا بكل منتجات الخلية وعملياتها، والخلايا – سواء كانت خلايا البكتريا أو النبات أو الحيوان – تستخدم البروتينات لأنواع شتى من العمليات، ابتداء من محاربة العدوى ، إرسال الرسائل وتلقيها ، ووصولا إلى إعادة بناء الأجزاء التالفة .

يحوى الإنسان على الأقل ٥٠٠٠٠ نوع مختلف من البروتين، وكل نوع من البروتين له مهمة خاصة يقوم بها؛ وهناك بروتينات إنشائية تبنى الشعر (الكولاجين)، والجلد (الكيراتين) ، والأربطة (الإلاستين) ، وهناك بروتينات هرمونية مثل الأنسولين تحمل الرسائل وتنظم العمليات الجسدية، أما هيموجلوبين الدم فهو أحد أمثلة البروتين الناقل، وهناك بروتينات الأجسام المضادة لحماية خلايانا ضد الغزاة ، والإنزيمات البروتينية للهضم أو غير ذلك من عمليات تحلل المواد، وتظل القائمة تتواصل وتتواصل .

المهمة الأولى لدنا هى أن ينبئ الجسد عما تكونه البروتينات، التى يبنيها وكيف يبنيها؛ فترتيب القواعد الكيميائية أ و ث و س و ج فوق أحد الجينات يعطى للخلية

وصفة لبروتين معين، واعتاد العلماء على الاعتقاد بأن الجين الواحد يوجه الجسم دائما لتكوين بروتين واحد ، لكنهم يعرفون الآن أن جينا واحدا يمكن أن يكون لديه إمكانية تكوين أكثر من نوع واحد من البروتين .

نتشارك مع الخميرة في ٥١ في المائة من جيناتنا، ومع الشمبانزي في ٩٨ في المائة من الجينات – التركيب الوراثي ليس هو ما يجعلنا بشرا.

عالم الأخلاق د. توم شكسبير ، جامعة نيوكاسل.

فكرة أن دنا يكوّن البروتينات فكرة خطيرة، فالبروتينات هي خيل العمل الشاق في جسم الإنسان ؛ فهي تؤدي كل الشغل في إحدى الخلايا؛ حيث إنها تنفذ البروتينات التفاعلات الكيميائية ، وتشكل النسيج الجديد ، وترسل الإشارات بين أجهزة الجسم، وتنظم كيمياء الجسم ، أو أيًّا مما يذكر بهذا الصدد . أبسط طريقة للتفكير في دنا هي أنه بأقصى الحدود الأساسية ملف هائل طويل سجلت فيه – لا غير – كل التعليمات لتكوين البروتينات في الجسم .

علينا أن نركز على ما يوجد من احتمالات ، وأن ننميها ثم نواجه ببسالة الأسئلة الصعبة الأخلاقية والمعنوية، التي سيفرضها حتما هذا الاكتشاف العلمي الخارق للمعتاد .

توني بلير ، رئيس وزراء المملكة المتحدة

يرأس إريك لاندر معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا ، ويسمي لاندر هذا الأمر بأنه السر الأساسي للحياة . " سر الحياة هو هذا التنوع الهائل في العناصر المكونة؛ هناك خمسون ألفًا من (البروتينات) كلها تتحدد بطريقة الوصفة البسيطة نفسها من لغة دنا"[٢] .

عندما نسمع أن العلماء قد "رسموا خريطة" الجينوم البشرى ، فإن ما يتحدثون عنه هو التالى: لقد وجدوا الترتيب الدقيق التى تظهر به أ و ث و س و ج على الجينات البشرية، ومن الواضح تماما أن هناك مساحات من التغاير تفسر السبب فى أن عينى إنسان تكون زرقاء مثلا ، وتكون عينا الآخر بنية، إلا أن دنا فى أى فردين من البشر يتطابق بما يزيد عن ٩٩ فى المائة .

هل يمكن أن تُجعل عيناى البنيتان زرقاوتين (أم لا يمكن)

ظل الناس يتساءلون طيلة آلاف السنين عن السبب فى أن وليدهم له عينان عسليتان، بينما للوالدين أعين زرقاء وبنية .

دعنا نتذكر أن الجين هو امتداد معين من دنا يقع على واحد من كروموسوماتنا الثلاثة والعشرين، ويشفر هذا الجين لبروتين معين ، وهذا بدوره يؤدى وظيفة معينة أو يساعد على بناء تركيب معين، فجين الأعين البنية مثلا ، يشفر لأحد البروتينات (هو بالفعل إنزيم) يرسّب على نحو انتقائى صبغة ملونة على قزحية العين، فإذا كانت عين أحد الأفراد زرقاء فإنه ينقصه هذا البروتين .

بدأ العلماء الآن عملية استنتاج ما تكونه البروتينات التى تشفر لها التتابعات المختلفة للقواعد (جينوميات) ، وما الذى تؤديه هذه البروتينات (مجال يسمى البروتيوميات) ، وما الذى يحدث عندما تصاب التتابعات بانحراف (جينوميات وظيفية). هناك أيضا مجهودات منفصلة تجرى لصنع خريطة لتغايرات دنا بين الأفراد، بحيث نستطيع أن نكتشف بالضبط التتابعات التى تفسر اختلافاتنا. أحد الأهداف النهائية هى أن يطور العلماء أدوية يوجهونها توجيها دقيقا إلى ما يوجد من طفرات فى الشفرة، وتوفر عند الضرورة ما ينقص من بروتينات ، وتعدل الشفرة فى النهاية تعديلا كاملا .

وصلنا الآن إلى نقطة فى تاريخ البشرية؛ حيث سنصل لأول مرة
إلى أن نقبض فى أيدينا على مجموعة التعليمات اللازمة
لصنع الإنسان .

سيرجون سلستون ، الحائز على جائزة نوبل.

كيف يخزن دنا المعلومات؟

لعل أسهل تشبيه لذلك هو التشبيه بين طريقة الكمبيوترات فى اختزان المعلومات وطريقة دنا لذلك؛ حيث تتعامل الكمبيوترات بأرقام من واحد وصفر، وكل ما تفعله تتم ترجمته فى النهاية إلى هذا المستوى، وعلى سبيل المثال، إذا ادخرت اسم "جينا" فى جهازك لمعالجة الكلمات، سوف يترجم كمبيوترك هذه الحروف إلى تتابع من أرقام الواحد والصفر، وسوف تُترجَم "Gina" إلى :

١٠٠٠٠١١٠٠١١١١٠١١٠١٠٠١٠٠١٠١١٠١١١١٠٠١١٠.

يمكننا من الناحية الأخرى أن ننظر إلى دنا ، على أنه يستخدم أبجدية من أربعة حروف . وعلى سبيل المثال، فإن تتابعا قصيرا من القواعد على أحد الجينات قد يبدو بما يشبه التالى :

أ أ أ ث ث ج س ج س س أ أ ث أ س ج ث أ س ج ث ث ث أ س ج أ

دعنا نتذكر أن هذا التتابع من الحروف – التى تمثل القواعد الأربع – أ وس وث و ج – إنما هو وصفة، وهى تخبر الخلايا بدقة عن البروتينات التى ستصنعها، ووجود خطأ واحد فى التتابع – بمعنى تغيير وحيد ، أو طفرة – قد يجعل الجين لا يصنع بروتينه ، أو يصنع بروتينا خطأ بالكامل، وأحيانا قد يكون التغير غير مهم ، وأحيانا أخرى يكون خطيرا .

ما الذى يجعلك فريدا ؟

لو أنك قارنت تتابعات دنا لديك بتتابعاته عندى ستلاقى صعوبة كبيرة فى العثور على ما بيننا من اختلافات، فمن الممكن أن نفحص آلاف الحروف بالمعنى الحرفى للكلمة قبل أن نعثر على اختلاف واحد ؛ كأن تجد مثلا ث بدلا من س، ويثبت فى النهاية أننا جميعا نتشابه على نحو لا يصدق . حروف الألفات والجيمات والثاءات والسينات التى لديك فى دنا تظهر فى دنا أى فرد آخر بترتيب مماثل فيما يقرب من ٩٩,٩ فى المائة فى كل وقت .

ولكن هل هذا الفارق الصغير يكفى، ليفسر التفرد الهائل للنوع البشرى؟

نعم ، إنه يكفى . دعنا نتذكر أن كل واحد منا لديه ثلاثة وعشرون زوجا من الكروموسومات، ووصلت مجموعة أحد الأزواج سليمة من الأم والأخرى من الأب، والوالدان قد ورثا ما لديهما من والدى كل منهما .

لنأخذ ما لديك من زوج الكروموسوم (١) أكبر زوج من الكروسومات. الكروسوم الآتى من والدتك إما أنها تلقته من أمها أو من أبيها . دعنا نسمى كل منهما (١ m) و(١ f) أنت قد تلقيت أيضاً من أبيك كروموسوما قد أتى من أى من والديه ولنسمى كل منهما (١ M) و(١ F) .

عند ميلادك يمكن أن يكون زوج الكروموسوم لديك هو:

(M 1m١) أو(m 1F١) أو(f 1M١) أو(f 1F ١).

يحدث مثل هذا التوليف نفسه مع كل كروموسوم لديك.

قد يفسر هذا كله السبب فى أن لديك أنف أبيك وشعر جدتك لأمك، بينما أختك لديها العكس بالضبط، وقد يبدو بالنسبة إلى هذا المثل كأنك لديك مادة وراثية من جد

واحد فحسب من كل جانب ، ولكن هذا فيه تبسيط مفرط . دعنا نتذكر أن دنا والدك هو توليفة من والديه ، ودنا والدتك توليفة من والديها .

هذا هو السبب فى أنه لا يوجد أحد فوق كوكبنا يماثل الآخر بالضبط ، ولن يحدث هذا أبدا إلا فى حالة التوائم المتطابقة .(*)

هناك آلاف من الأمراض الوراثية التى تنتج عن خطأ فى حرف وحيد فى التتابع، وقد يحدث بسبب خطأ مطبعى فى أثناء النسخ أنه يوجد الآن حرف ج؛ حيث ينبغى أن يوجد حرف ث ، أو أن يحدث تكرار فى تتابع حرف س مرة بعد الأخرى.

ولكن لما كانت معلومات دنا خطية ورقمية حسب طبيعتها المتأصلة ، أصبح قراءتها ثم استخدامها فى النهاية مجرد أمر من تكنيك للتنقيح.

قال لى دافيد بالتيمور ، الذى يعمل فى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا ، إن "هذا النوع من المعلومات الرقمية أسهل نوع من المعلومات فى استخدامها، وهذا هو فى رأيى السبب فى أن الجينوميات هى العلم المحورى للبيولوجيا، وتستطيع أن تنجز به أمورا بالغة الكثرة"(٣) .

هذا مورد عملاق سوف يغير البشرية ، مثلما غيرتها آلة الطباعة.

د. جيمس واطسون ، حائز على جائزة نوبل ومشارك فى اكتشاف اللولب المزدوج.

(*) **التوائم المتطابقة** : توائم تنتج عن بويضة واحدة مخصبة حدث بعد انقسامها لخليتين أو أكثر أن انفصلت هذه الخلايا لسبب ما، وينتج عن كل خلية جنين منفصل هو توأم تتطابق جيناته مع الآخر. أما التوائم الأخوية العادية فتنتج أصلا عن عدة بويضات مخصبة ، وتكون الأجنة هنا غير متطابقة وتختلف وراثيا كما يختلف الأخوة العاديون . (المترجم)

كما سنرى فى هذا الكتاب ، فإن المعلومات الرقمية التى تكوِّن الجينوم يمكن استخدامها لتعيين وجود أحد الأشخاص فى مسرح الجريمة أو لتعيين ما إذا كان أحدهم مستهدفًا للخطر طبيا ويحتاج لاتخاذ الاحتياطات إزاء أى من مئات من الأمراض المعروفة . سيستخدم الأطباء الشفرة لتكوين أدوية شخصانية تخلو من أى تأثيرات جانبية ويكون مفعولها أفضل لشخص معين مما لأى شخص آخر ، أو سيستخدم الأطباء الشفرة لمساعدة زوجين عقيمين فى تحديد أى بويضاتهما المخصبة فى أوعية المعمل الزجاجية هى الأكثر صحة . يأمل العلماء على مدى قريب استخدام ما يعرفونه عن دنا للإقلال من تأثيرات الشيخوخة حتى يصلوا فى النهاية إلى إطالة العمر بسنوات عديدة أو أكثر .

تكنولوجيات الخلايا الجذعية وإن كانت مثار خلاف، إلا أن فيها ما يعد وعدا كبيرا بأن توفر بعد سنوات من الآن علاجا لعشرات من الأمراض الخطيرة ، كما تعدنا بذلك أيضًا طرائق العلاج الجينى ، وهذا مجال يتضمن إجراء سمكرة بالفعل للجينات حتى تساعد فى علاج أمراض معينة .

لم يصبح هذا كله ممكنا إلا لأن العلماء قد أخذوا الآن يفهمون الخامة التى صُنعنا منها، ويأتينا التقدم هنا على نحو متقطع - فهناك إحباطات كثيرة بطول الطريق.

فرانسيس كولنز رئيس " مشروع الجينوم البشرى" هو العالم الذى اكتشف جين التليف الكيسى(*) فى ١٩٨٩، ولا يزال هذا المرض بلا علاج، ومع ذلك فإن كولنز متفائل .

(*) التليف الكيسى: مرض وراثى يصيب الغدد ذات الإفراز الخارجى ويتميز بإفراز مخاط لزج ، ونزعة للإصابة بعدوى مزمنة فى الرئة والعجز عن امتصاص العناصر الغذائية من الطعام .(المترجم)

لم أظن قط أنه سينجَز بمثل هذه السرعة .

فريد سانجر، الحائز على جائزة نوبل ومخترع تحديد تتابع دنا.

تحدث كولنز إلى جمهور شبكة سى إن إن التليفزيونية فقال: "العثور على جين ، والربط بينه وبين مرض بعينه ، يعطينا بصيرة مباشرة عما تكونه بالفعل المشكلة الجزيئية . فهو يمنحنا فى التو تقريبا القدرة على التنبؤ بمن يكون مستهدفا لخطر الإصابة بهذا المرض ، وهذا فى بعض الأمثلة يؤدى فى حد ذاته إلى إنقاذ الحياة . لنفرض أنك عرفت مثلا أنك مستهدف بدرجة كبيرة لخطر الإصابة بسرطان القولون ، حسن ، سوف تذهب لإجراء أشعة مسح لهذا المرض ونكتشف وجوده وهو ما زال قابلا للعلاج بسهولة ، وهذه ضربة تصيب الهدف".

ويضيف كولنز ، " هذا رائع ، وهو ما نأمل التوصل إليه، إلا أن الأمراض ليست كلها مما يتيح تدخلا من هذا النوع، وسيكون علينا أن نتبع خطوات كثيرة فى وقتها قبل أن نستطيع جمع الثمار من هذه المعلومات المدهشة عن الجين ، ونعرف كيف نضع تلك (المعلومات) موضع التطبيق فى الحلبة الطبية . على أننا لن نستطيع جمع هذه الثمار لو كانت المعلومات الجينية غير متاحة لنا". [٤]

لدينا الآن الإمكان لإنجاز كل ما كنا نأمله من الطب فى أى وقت .

لوردسالزبورى ، وزير العلم فى المملكة المتحدة

يوضح دافيد بالتيمور الأمر بتوسع أكثر : "تساعدنا مجرد معرفة العيب الوراثى على أن نفهم بأفضل طريقة علاج (أحد الأمراض)، وحتى إذا لم نتمكن من علاجه – ذلك أنه ربما سيمر زمن طويل قبل أن نتمكن من علاج (المرض المصحوب بطفرات كثيرة) ، فسوف يمكننا أن نقول ، انظر ليس من سر هناك. أمامك هنا إجراء تغييرات فى أسلوب حياتك ينبغى أن تفكر فيه لتقلل من احتمال إصابتك بهذا المرض". [٥]

عندما نعثر على الطفرات المحددة التى تجعل الناس أكثر عرضة للإصابة بأحد الأمراض، فإننا نعطى الأطباء مفتاحا يدل على ما قد يحدث لنا قبل أن يتأخر الوقت بأكثر مما ينبغى .

يقول ليروى هود، مخترع نظام تحديد التتابع أوتوماتيكيا الذى تستخدمه معظم المعامل لاكتشاف العيوب الوراثية: "الفكرة هى أننا نستطيع أن نستخدم الدم كنافذة للنظر داخل الجسم وللتمييز بين المرض والصحة".

خطأ وراثى واحد فيه الكثير؟

أخطاء الجينات الوحيدة تتسبب فى أكثر من ٤٠٠٠ مرض وراثى معروف، ولا تزال القائمة تتنامى بسرعة، ويمكن الآن تحديد مدى خطر إصابة أحد الأفراد بأمراض وراثية مثل التليف الكيسى، والأنيميا المنجلية(*) ، ومرض لوجيريج(**)، ومرض هنتنجتون(***) ، وذلك بفحص ميكروسكوبى لدنا من أى من خلايا الجسد. وعلى سبيل المثال، سنجد فى مرض هنتنجتون أن ثلاثية س أ ج تتكرر على كروموسوم (٤) لمرات أكثر مما ينبغى - إذا تكررت س أ ج لأكثر من ٤٠ مرة فى صف، فإن هذا فيما يبدو ينتج عنه المرض، وتكون النتيجة بروتين خطأ ينتهى بالتدخل مرضيا فى وظيفة الخلايا العصبية .

ومع ذلك دعنا نتذكر أن كل كروموسوماتنا تكون فى أزواج ، وهكذا فإن لدينا نسختين من كل جين، وبعض الأمراض الوراثية - مثل التليف الكيسى - هى أمراض

(*) **الأنيميا المنجلية**: مرض وراثى يصيب السود أساسا، وينتج فيه هيموجلوبين شاذ يسبب تشويه خلايا الدم الحمراء فى شكل منجلى، وتقوم الأجهزة الدفاعية فى الجسم بتكسير هذه الخلايا، مما ينتج عنه الأنيميا أو فقر الدم . (المترجم)

(**) **مرض لو جيريج**: مرض عصبى يؤدى إلى تليف عصبونات الحركة وضمور العضلات وشللها . (المترجم)

(***) **مرض هنتنجتون**: مرض وراثى عصبى قاتل يتميز بحركات لا إرادية وتدهور عقلى متزايد . (المترجم)

جينات متنحية؛ بمعنى أنها لا تظهر إلا إذا كان لدى أحد الأفراد نسختان مغلوطتان من الجين . إذا كان أحد الجينين طبيعيا فإنه يقوم - لا غير - بدور داعم للصحة .

هناك أمراض أخرى ، مثل مرض هنتنجتون ، تكون أمراض جينات سائدة؛ بمعنى أن الحصول على نسخة طافرة واحدة من الجين من الأم أو الأب يكفى للاستهداف لمرض معين.

يختلف الآن بالطبع فيما يتعلق بمدى خطورة إحدى الطفرات وما إذا كانت كافية لأن تسبب مرضا؛ حيث إن هناك أمراض مثل السرطان تتطلب طفرات كثيرة فى جينات عديدة بل وحتى فى كروموسومات عديدة .

الآن وقد أصبح من المتاح لنا معرفة التتابع النهائى للجينوم البشرى ، فإن التحدى الذى يواجه الباحثين فى الجامعات والشركات الخاصة هو استخدام هذه المعلومات للعثور على المشكلات الوراثية العديدة التى فى الخلف من السرطان ، وأمراض القلب ، ومرض السكرى ، وغيرها من الأمراض القاتلة الرئيسية، وسيكون التحدى التالى هو العثور على العلاجات المتعلقة بمدى من الطفرات والمنتجات الجينية، وينبغى ألا يقلل أحد من حجم المهمة القابعة أمامنا .

سوف يحدث على المدى القريب أن تؤدى علوم الجينوميات والعلوم الأخرى التى تنظر أمر ما يحدث بالضبط فى الخلية ، أو فى العضو الذى يصيبه انحراف ، ستؤدى هذه العلوم إلى تغيير فى كل شىء، وكما قال لى هود: "سوف ينقلنا هذا من قلقنا بصدد الإصابة بالمرض؛ ليصبح قلقا بصدد أن نظل فى عافية، سيزيد هذا وحده من متوسط مدى عمر الفرد بعشرة أعوام أو خمسة عشر عاما ".(٦)

أخذت مئات الشركات تندفع فى كل أرجاء البلد للعثور على علاقة الارتباط بين الطفرات الوراثية وأمراض معينة، وأصبح مجرد العثور على الغلطات المطبعية فى دنا صناعة تدور فيها بلايين عديدة من الدولارات ، وذلك لأسباب واضحة تماما.

الأمر كله يرجع إلى التوافق:

ذكرتُ من قبل أن الشكل الفعلى لجزئ دنا هو مثل السلم المتنقل - سلم مزدوج ملوى - فدعنا نتذكر أن جانبى السلم هما سلسلتان طويلتان من السكر والفوسفات، ودرجات السلم هى أزواج من مواد كيميائية - "أزواج القواعد" كما نسميها .

هناك قاعدة للطريقة التى تنتظم بها القواعد فى أزواج؛ حيث تكون السينات دائما فى أزواج مع الجيمات ، والثاءات دائما فى أزواج مع الألفات، ويحدث هذا دائما دون أى استثناءات . وبكلمات أخرى إذا كان أحد خيطى دنا عليه مثلا أ ث س ج أ ث س ج ، سنجد بسبب قاعدة التوافق أن الخيط الآخر يكون عليه أوتوماتيكيا ث أ ج س ث أ ج س .

> ستصيبنى دهشة هائلة لو أنه لم يتم فى عشرين سنة تحول فى علاج السرطان.

د. مايك ستراتون ، رئيس مشروع جينوم السرطان

عندما اكتشف العالمان جيمس واطسون وفرنسيس كريك قاعدة التوافق هذه فى ١٩٥٣ ، أدت إلى الكثير من الانفعال ؛ ذلك أنه وُجدت أخيرا نظرية تصف الطريقة التى تنقسم بها الخلايا إلى خلايا أخرى لها الشكل والوظيفة نفسها مثل الخلايا الأولى. (تفسر النظرية أيضًا لماذا يحصل رجل وامرأة على وليد بشرى ، ولا يكون الوليد مثلا قطيطة) .

التصميم التوافقى يتيح للخلايا أن تتناسخ فى نسخ طبق الأصل من نفسها، فعندما تنقسم الخلايا ينحل جزئ دنا إلى الخيطين المفردين المكونين له.

تنال إحدى الخلايا أ ث س ج، وتنال الأخرى ث أ ج س ث أ ج س .

القواعد وطريقة انتظامها فى أزواج

لدينا الآن خيطان منفردان انحل ازدواجهما، ويمتزجان بالحساء الكيميائى داخل الخلية ، ويجذب كل منهما القواعد المكملة لتشكيل أزواج لقواعده، ويصبح لدينا بالتالى خليتان ابنتان؛ حيث كان يوجد ذات مرة خلية واحدة، وتنتهى كل خلية ابنة وبها نسخة من دنا بخيطيه الاثنين :

أ ث س ج أ ث س ج

ث أ ج س ث أ ج س

يفسر الشكل اللولبى لدنا الطريقة التى يتلاءم بها مع الخلية هذا الخيط من الكيماويات الطويل طولا لا يصدق ، ويفسر الطريقة التى ينقسم بها دنا ثم يركّب نفسه ثانية ، والطريقة التى قد يمكن بها لمثل هذا الخيط، الذى يتكرر بحروف الكيماويات الأربع نفسها أن يحدد شفرة كل ذلك التنوع المذهل فى الحياة وفى الجسد البشرى.

> إن هذا يمثل للإنسانية خطوة هائلة للأمام بأن تُفك الشفرة لطريقة تركيب بنية الحياة نفسها .
>
> **ياشيرو مورى، رئيس وزراء اليابان السابق.**

فاز واطسون وكريك بجائزة نوبل عن بحثهما وذلك فى ١٩٦١ .

وبفضل قاعدة التوافق هناك الآن صناعة لدنا، وبسبب ذلك استطاع فريد سانجر، ثم ليروى هود فيما بعد ، أن يطورا أجهزتهما لتحديد التتابع ، وأصبح من الممكن شق دنا ثم إعادة توليفه .

مع فهم الطريقة التى تتوافق بها القواعد دائما ، أتاح ذلك للكمبيوترات عالية القدرات أن تشق دنا البشرى فى مزق، ثم تعيد تركيبه معا وتستنتج ما يكونه بالضبط تتابع الجينوم البشرى .

مسارات التقدم الأخرى

هناك أشياء كثيرة كثرة بالغة بشأن دنا لم أضمنها هنا ، وهى معلومات يمكن أن تملأ (بل وتملأ بالفعل) كتبا دراسية بأسرها فى البيولوجيا بمستوى الكليات .

لم أذكر مثلا أن أحد الكيماويات المسمى رنا RNA (اختصار حامض ريبونيكلييك) مسئول عن أن يقرأ الشفرات الموجودة على دنا، ثم يجلب هذه الشفرة إلى عضيات الخلية التى يطلب منها أن تبنى بالفعل البروتينات المختارة، ولم أذكر أن جينات كثيرة لا تشفر مطلقا لأى بروتين ، وإنما هى بدلا من ذلك إشارات وقف وبداية يحتاجها رنا ليعرف أين يبدأ أحد الجينات وينتهى فوق امتداد معين من دنا، وهناك الكثير من دنا "اللغو" لم تعرف أهميته بعد.

فك شفرة كتاب الحياة هو علامة طريق فى العلم .

روجر - جيرارد شوارتزنبرج ، وزير البحث العلمى الفرنسى سابقا.

كما لم أتحدث عن الريبوسومات(*) والميتوكوندريا(**) أو أى من حشود ميكانزمات الخلية التى تشارك فى العمليات الوراثية .

سأعرض لبعض من ذلك فى الفصول القادمة، أما الآن فلنعتبر أننا غطينا أمر القواعد .

(*) **الريبوسومات:** عضيات فى سيتوبلازم الخلية لها دور فى تكوين البروتينات . (المترجم)

(**) **الميتوكوندريا:** عضيات فى سيتوبلازم الخلية لها دور مهم فى الأيض وتحمل جينات من الأم فقط وليس الأب. (المترجم)

ما لدينا من حقائق

الحقيقة (١) : لو كتبنا مجرد قائمة بسيطة لقواعد كل دنا الموجود فى جيناتنا – الألفات والسينات والثاءات والجيمات – ستملأ هذه القائمة ما يقرب من ٢٠٠ دليل تليفون لمدينة نيويورك ، وهذا يقرب من ثلاثة بلايين حرف .

الحقيقة (٢) : يفكر معظم الناس فى اللحم عندما يسمعون كلمة "بروتين"، وهم على حق فى ذلك، فنحن مصنوعون منه – هناك ما يقرب من ٥٠٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠٠ نوع مختلف من البروتينات تشكل الجسد البشرى وتؤدى كل وظائفه، وبكلمات أخرى فالبروتين هو حقًا لحم، هذا اللحم هو أنت !

الحقيقة (٣) : سُميت هذه بأنها "الدوجما المحورية" للبيولوجيا الجزيئية: دنا يصنع رنا الذى يصنع البروتين، والمعنى أن تتابع القواعد فى دنا ينبئ تتابع القواعد فى رنا بالطريقة التى يركّب بها معًا جزئ بروتين مركب بأبعاده الثلاثية، وكما هو الحال فى أى دوجما ، فإن هذه الدوجما أيضا لا تصح دائما – هناك استثناءات كما ثبت فى نهاية الأمر – إلا أن القول بأن "دنا يصنع رنا الذى يصنع البروتين" قول مأثور قديم يجد معظم العلماء المبتدئين أنه مفيد.

الحقيقة (٤) : مصطلح "الكروموسومات" يعنى "الأجسام الملونة"، وسبب ذلك هو أن خيوط الكروموسومات تمتص بسهولة الصبغة التى يصبها العلماء على الخلايا قبل فحصها تحت الميكروسكوب، وقد تعرّف العلماء على الكروموسومات فى وقت يسبق كثيرا توصلهم لأى فكرة عن مدى خطورة الدور الذى تلعبه فى نسخ دنا .

الحقيقة (٥) : من الحقيقى أن كل خلية فى جسدنا لديها الجينات نفسها التى يصل عددها إلى ثلاثة بلايين أو ما يقرب(*) ، ولكن من الواضح أن الخلايا ليست كلها متماثلة . كيف يكون هذا ؟ كل خلية لديها جينات عددها أكبر كثيرا مما تستخدمه، وبعض هذه الجينات يتم تشغيله (أو التعبير عنه) بينما يوقف تشغيل الجينات الأخرى (أو لا يعبر عنها)، واستنتاج السبب والطريقة التى يحدث بها أن تعبّر الخلايا عن بعض الجينات ولا تعبر عن الأخرى يعد سؤالا محوريا فى علوم دنا لا يزال بلا إجابة.

(*) أعتقد أن هنا خطأ فى النص الإنجليزى فجينات الخلية عددها بالآلاف أما البلايين الثلاثة فهى عدد القواعد.(المترجم)

الفصل الثانى

كيف وصلنا إلى هنا؟

فى ١٩٩٥ نشر العالم كريج فنتر أول جينوم لكائن حى ، جينوم خلية بكتريا تسبب نوعا نادرا من الالتهاب السحائى، واشتمل الجينوم على ما يقرب من ١٧٤٣ من الجينات، أو ١٨٣٠١٣٧ من أزواج القواعد، ويرى العلماء الآن أن هذا جينوم صغير تماما، فهو فى الواقع شظية من دنا، إلا أن هذا كان إنجازا فذا وقتها، وأفحمت هذه المحاولة الجماعة العلمية .(*)

أصبح فنتر فى خلال خمس سنوات المدير التنفيذى لشركة " سيليرا جينومكس" وهى شركة خاصة تغلو بطموحاتها ، واشتبكت فى سباق مع "مشروع الجينوم البشرى" الذى ترعاه الحكومة ، وذلك حول تحديد تتابع كل الآلاف الثلاثين من الجينات وكل أزواج القواعد التى يبلغ عددها ٣,٢ بليون قاعدة، والتى يتكون منها الجينوم البشرى بأكمله، وقد أعلن الجانبان فى ٢٠٠٠ تعادلهما فى المباراة ، عندما اشتركا معًا فى كشف النقاب عن أول مسودة للجينوم البشرى ، تاركين للعلماء عبر العالم كله مهمة إيجاد معنى للمعطيات. (أعلن فى أبريل ٢٠٠٣ عن النسخة النهائية التى اعتبرت الإصدار المكتمل ، ويتطابق هذا التاريخ مع الذكرى الخمسينية لاكتشاف واطسون وكريك للّولب المزدوج لدنا).

على الرغم من كل التوقعات التى تأخذ بالأنفاس وكل العواصف الهوجاء بتهويل وسائل الإعلام حول عصر الألفية السعيد ، فإنه ثبت فى النهاية أن رسم خريطة الجينوم لا يُعد إجابة عن أحد الأسئلة بقدر ما يُعد سؤالا جديدا يؤدى إلى أسئلة لا حصر لها .

يقول العلماء أن هذه الأسئلة الجديدة هى علامة البداية لعصر جديد .

(*) كان هناك أكثر من تحدى بين فنتر والهيئات العلمية بشأن تمويل مشروعاته ووعوده بإنجازها فى زمن أقصر من المعتاد ، وهى وعود حققها فنتر. (المترجم)

يعمل دافيد جالاس مستشارا وكبيرا للعلماء فى معهد كيك العالى فى كلير مونت، بكاليفورنيا ، وهو يقول: "هذا هو العصر الجينومى ، ومن الآن فصاعدا سيكون كل شىء مختلفا اختلافا أساسيا عن كل ما أتى من قبل، وفى وسع البيولوجيا أن تبدأ الآن حقا" . وجالاس بما هو عليه من بلاغة ساحرة قد أصدر قراره بسرعة إزاء من يقولون عن سباق الجينوم إنه ليس إلا تهويلا فيه مبالغة بصدد مشروع من مشاريع العلم الكبير(*) ، فيقول: "ربما لم نتمكن بعد من فهمه كله ، ولكنه لدينا الآن كل ما يلزم لنا معرفته حتى نفهم حجم المشكلة، ويقول الناس إن هناك إفراطا فى المبالغة فى أمره، ولكنى أعتقد أنه لا يمكن المبالغة بهذا الشأن، وكيف يمكننا أن نبالغ بشأن حقيقة أن البيولوجيا قد شرعت تبدأ توا ؟". [١]

> ثبتت النظرية بأن مهجنات البسلة تكوّن خلايا بويضات وحبوب لقاح، يتمثل فى تركيبها بأعداد متساوية كل الأشكال الثابتة الناتجة عن توليف الخصائص التى تتحدد فى الإخصاب .
>
> جريجور جوهان مندل ، أبو علم الوراثة ، ١٨٦٦

قال لى جالاس إنه يشبّه طبعة التصميم الزرقاء(**) للجينوم البشرى بالجدول الدورى للعناصر، الذى عرضه دمترى مندليف ١٨٦٩ ، والذى أوضح نهائيا علاقة العناصر أحدها بالآخر .

ويضيف جالاس: " كانت هناك كيمياء قبل الجدول الدورى، وعلى سبيل المثال، كانوا قد اكتشفوا الأوكسجين ، لكنهم لم يفهموا كيف تعمل الروابط بين المواد

(*) مشاريع العلم الكبير مشروعات يُنفق عليها بلايين الدولارات، ويرى البعض أنه قد تكون هناك مشروعات أصغر وأرخص لكنها أكثر فائدة . (المترجم)

(**) طبعة التصميم الزرقاء رسم لتصميم هندسى على ورق أزرق يتم منه تنفيذ مشروع يكون مثلا لعمار أو ماكينة . (المترجم)

الكيميائية، ولم يكن فى استطاعتهم التوصل إلى المواد البلاستيكية أو سبائك السليكون أو أى من المواد، التى صارت ممكنة نتيجة فهم العلاقة الدورية بين الكيماويات" .[٢]

وهكذا فإننا فى عشر سنوات انطلقنا من نقطة كنا عندها لا نعرف واقعيا أى شيء عن الجينات التى تصنع الإنسان لنصل إلى فهم كل شيء تقريبا. بقى للعلماء الآن مهمة أن يكتشفوا بالضبط ما الذى تفعله هذه الجينات كلها ونوع البروتينات وشكلها التى تصنعها الجينات .

إنها لوثبة هائلة فى حيز عقد واحد من السنين ، وسوف نبذل الجهد فى بقية هذا الكتاب؛ لنشرح كيف أن تتابعات الجينوم البشرى تؤثر تأثيرا مباشرا فينا، إلا أنه كما يقول المثل القديم ، لن نستطيع أن نفهم إلى أين نذهب حتى نفهم أين كنا، ويشرح هذا الفصل كيف وصلنا إلى هنا .

البحث المثمر عن الحيوان المنوى والبويضة

يمكنك أن تقول - كما أنى أقول - إن الممارسات العملية للوراثيات بدأت عندما بدأت الحضارة لأول مرة تدجين الحيوانات، وبدأ المربون يربون الحيوانات انتخابيا ليختاروا الصفات التى يريدون رؤيتها فى حيواناتهم ، لكنهم لم يفهموا حقًا كيف نجحت تجاربهم فى التربية .

أسهم فلاسفة قدماء الإغريق كلهم تقريبا بآراء لاستنتاج طريقة ذلك، واعتقد أرسطو ، كما هو متوقع ، أن الوراثة كلها تأتى من الأب - والأم مسئولة فقط عن توفير المادة الخام الأقل براعة، واتبع فيثاغورس فى تفكيره الخطوط نفسها إلى حد كبير .

رأى إمبيدوكلس ، وهو يفسر السبب فى أن الأطفال يشبهون أحيانا أمهاتهم ، أن فيثاغورس على خطأ ، وقال إن منى الذكر وسوائل الأنثى يمتزجان لتكوين الذرية،

إلا أن النظرية تهاوت بددا عندما فسر السبب فى أن الطفل أحيانا لا يشبه أيًا من الوالدين، فكتب أن هذا قد يكون له علاقة بالأشياء التى تنظر لها الأمهات فى أثناء الحمل، مثل التماثيل والمنحوتات .

ظهرت بعدها فكرة التولد التلقائى ، التى تعلق بها كل الأفراد تقريبا فى أثناء العصور الوسطى ، بل وحتى بعدها . وهكذا كان هناك اعتقاد بأن الكائنات الحية يمكن أن تنشأ من مادة غير حية؛ فالذباب يتولد من اللحم المتعفن كما يعتقدون، والحشرات تولد من البرك الراكدة .

كان العالم الذى أنجز أقصى جهد فى هدم نظرية التولد التلقائى السائدة هو أنتونى فان ليووينهوك ، وهو هولندى من هواة العلم كان أول من استخدم عدسة مكبرة لرؤية خلايا الحيوانات المنوية فى ١٦٧٩ . (وبالحكم من رسومه فى كراس ملاحظاته المعملية، فإنه قد لمح أيضا بعضا من البكتريا والفيروسات) . وقد استنتج خطأ ، لسوء الحظ ، أن الخلايا المنوية مسئولة وحدها على وجه الحصر عن التكاثر، وكل حيوان منوى صغير يغلف نموذجا كامل التكوين لكائن حى ، لكنه مصغَّر. واسمى هذه النماذج "الحُوينات الصغيرة" .

كان هناك عالِم آخر ، اسمه ويليام هارفى ، وصل لاستنتاج يضاد ذلك بالضبط، فكان هارفى الطبيب المدلل الذى يعمل فقط تحت الطلب لعلاج الملك تشارلز الأول ، وكان لديه وفرة من الوقت والجهد للتفكير فى الأمر، وبعد أن درس الدجاج، قرر أن الحياة كلها تأتى من البيضة، وكان يعتقد بصواب أنه حتى الثدييات يكون لديها بيض، وقاد بحثا عن هذا البيض فشل فيه فشلا مروعا، ولم يحدث إلا فى أوائل القرن التاسع عشر أن حدد العلماء فى النهاية موضع بويضة الثدييات، التى بحث عنها هارفى بحثا شاقا .

فى ١٨٧٥ أنجز عالم اسمه أوسكار هرتويج الاكتشاف الذى استقام به طريق العلم، وهو أن الحيوان المنوى الواحد يجب أن يخصب بويضة واحدة حتى يمكن أن يحدث تكاثر، فكتب هرتويج فى إفادته المشهورة التى تصف اندماج النواتين داخل بويضة الأنثى : "أنها تنشأ لتكتمل بازغة، وكأنها شمس داخل البويضة" .[٣]

ومع بزوغها بزغ علم الوراثة كالشمس.

راهب اسمه مندل

جريجور مندل ابن لمزارعين ألمانيين كان أداؤه فى المدرسة غاية فى الذكاء، بحيث أحس والداه أن ليس لديهما أى خيار إلا بأن يوفرا له أحسن تعليم يمكنهما تحمل تكلفته : الحياة كراهب أوغسطينى .

كان هذا الرجل ، الذى يُعرف الآن بأنه أبو علم الوراثة الحديث ، رجلا محبا للطبيعة ينفق الساعات وهو يرعى حديقة الدير . وهناك ، وهو يعمل على نباتات البسلة - لا غير - فى حديقته ، توصل مندل إلى تخمين بعض الحقائق بدقة لا تصدق ، وهى حقائق برهن عليها لاحقا بعد قرون كثيرة واطسون وكريك وآخرون .

كان مندل شديد الحماس فى طلب علوم النبات والزراعة ، وهكذا فإنه انتخب فى ١٨٥٦ اثنين وعشرين نوعا مختلفا من بسلة الطهى (أسماها أطفاله) ليهجن فيما بينها بحديقته. وزعم أنه فعل ذلك من باب "التسلية" . وظل على مر ثمانية أعوام يتسلى بدراسة ما يزيد عن ١٠٠٠٠ نبتة ، وهو يتابع بتدقيق شديد فى التفاصيل صفات كلون البذرة ، وارتفاع النبات ، ولون البسلة .

نتج عن ملاحظة مندل لهذه الأجيال المتتابعة من نبات البسلة وهى تنمو فى حديقته ، أنه طرح مجموعة من النظريات ثبت فى النهاية صحتها على نحو دقيق مباشر، وهى تعرف الآن بأنها قوانين مندل للوراثة .

من الذى اكتشف دنا ؟

جريجور مندل، راهب القرن التاسع عشر الذى ربّى نباتات البسلة فى حديقتـه، لم يكن هو الذى اكتشف وراثياتنا، كما أن من فعل ذلك لم يكن جيمس واطسون ولا فرانسيس كريك، وإذا كانا قد فازا بجائزة نوبل عن تعيينهما لشكل اللولب المزدوج لدنا فى ملاحظة حاسمة له، إلا أنهما لم يكتشفا دنا .

مكتشف دنا كيميائى سويسرى شاب اسمه فردريتش ميتشر؛ كان ميتشر فى ١٨٦٩ يفحص إفرازات على ضمادات طبية مهملة ، نوع من ظاهرة بيولوجية تسمى عادة بالصديد، فاكتشف فى الصديد مادة لبنية أسماها "النيوكلين = nuclein"، اكتشف العلماء بعدها بما يقرب من القرن أهمية هذه المادة وأسموها دنا.

النقطة المهمة - فاقصى الأهمية - فى نظريات مندل ، أن النباتات والحيوانات تمرر لذريتها ما أسماه مندل "عوامل منفصلة" أو منفردة، ونادى أيضا بأن كل النباتات والحيوانات ترث نصف هذه العوامل من أمهاتها ونصفها من آبائها، وكما قال فإن هذه العوامل لا تمتزج أبدا، ثم استخدم نظرية عن صفات تكون سائدة على صفات غيرها ، بل واستنتج إحصائيا كيف ستمرر الخواص من جيل إلى آخر .

نحن الآن نسمى "عوامل" مندل بأنها الجينات، والحقيقة أن نصفها يأتى من الأم ونصفها يأتى من الأب ؛ وينتقل الواحد منها سليما كاملا من جيل إلى آخر؛ وهى لا تمتزج أبدا - تماما كما تنبأ الراهب غير المشهور .

عرض مندل كل هذه النظريات فى ورقة بحث علمية فى ١٨٦٥ ، لكنها لم تولد إلا اهتماما قليلا، ولم يحدث مطلقا إدراك لأهمية مندل فى أثناء حياته ، وكان مندل حسب ما يذكر مؤرخوه واثقا من أنه فى طريقه للعثور على شىء مهم وكان مغرما بأن يقول: "سوف يأتى زمنى". (٤)

استغرق الأمر خمسة وثلاثين عاما ، إلا أن زمن مندل أتى فعلا وحقا بعدها . وما زال زمنه باقيا إلى الآن ، فمقاله القصير "تجارب فى تهجين النبات" يعد على نطاق واسع واحدا من أهم الإصدارات العلمية فى الزمان كله .

عن أصل الأنواع

فى أثناء الوقت نفسه تقريبا الذى زرع مندل فيه البسلة فى حديقته ، كان تشارلز داروين يبحر فى العالَم كعالِم تاريخ طبيعى فوق سفينة الأسطول البريطانى لصاحبة الجلالة ، واسمها "بيجل"(*)، وأخذ داروين يجمع مادة لكتابة "أصل الأنواع" ، الذى صدر فى ١٨٥٩، ونفذ كل ما طبع من نسخه فى أول يوم لبيعه .

> ينشأ الإنسان من بويضة قطرها يقرب من جزء من مائة وخمسة وعشرين من البوصة ، ولا تختلف من أى جانب عن بويضة الحيوانات الأخرى ... والجنين نفسه وهو فى مرحلة مبكرة جداً لا يكاد يتميز عما هو عليه لدى الأعضاء الآخرين فى مملكة الفقاريات .

عالِم التطور تشارلز داروين ، ١٨٧١

وكما يعرف كل فرد تقريبا فإن كتاب داروين (هو وكتابه اللاحق، "انحدار الإنسان" يبرزان أهمية أن كل الحياة على الأرض هى نتيجة الانتخاب الطبيعى ، وأنها تطورت من أبسط الأشكال ذات الخلية الواحدة ، وكل أشكال الحياة ترتبط معا بطريقة ما، فقبل إصدارات داروين ، كان العقل العام مقتنعا بأن الإنسان يتميز عن الحيوانات الأخرى، وأنه لم يتغير منذ فجر الزمان .

(*) البيجل : نوع من كلاب الصيد صغير القوائم وناعم الوبر . (المترجم)

بعد داروين ، أخذ كل المتعلمين عبر العالم كله يتقبلون على نطاق واسع أننا نحن أيضا حيوانات قد شكلتها قوى الطبيعة عبر آماد طويلة من الزمان، وأدى اكتشاف التركيب الجزيئى لدنا ، باعتباره أداة النقل الدنيوية للوراثة ، إلى أن زاد من قوة رسوخ هذه النظرية بإحكام .

قصيدة غنائية للبكتريا

ما لم تكن عالما ، فإنك ربما تعتقد أن البكتريا شيء بغيض تود أن تتحاشاه، على أن هذه الميكروبات الدقيقة هي من بين أكثر الأدوات المفيدة المتاحة للباحثين ، بل وترقى مرتبتها هكذا مع أرقى الكمبيوترات قدرة .

مزرعة البكتريا مفيدة لأى فرد يأمل فى تكوين دنا المولّف (أى خيط دنا الذى يلصّق العلماء أجزاءه معا من مصادر مختلفة)، وعلى سبيل المثال، فإن العلماء يخلّقون الأنسولين البشرى الاصطناعى بأن يولجوا التتابع الصحيح من القواعد، التى تشفر لدنا البشرى داخل تتابع دنا الخلية البكتيرية، ثم يضعون البكتريا بعدها فى وسط معين، ويتيحون لها أن تقوم بمهمة إنتاج الأنسولين .

البكتريا تجعل هذا الأمر سهلا بوجه خاص ، لأن دناها ، بخلاف ما يوجد فى معظم أشكال الحياة الأخرى ، ليس متواريا داخل نواتها، وبدلا من ذلك فإن دنا البكتريا يطوف وهو غير مقيد ، فيدور فوق عجلات صغيرة مستقلة (تسمى البلازميدات) داخل أجساد البكتريا ذات الخلية الواحدة، والبكتريا أيضا تستطيع بسهولة أن تنقل دناها من إحداها إلى الأخرى، إما بأن تدفعه خارجا ليتم امتصاصه من الوسط الذى تسبح فيه ، أو تنقله من خلال فيروسات تنقل دنا الأجنبى من أحد أنواع البكتريا للآخر . وهذا يسهل للباحثين أن ينقلوا الجينات التى فى داخل أحد أنواع البكتريا لينشروها بسهولة فى أنواع أخرى .

إذا كان هذا لا يبعث القارئ على احترام تلك الكائنات الصغيرة، فلينظر فى الأمر التالى : وُجدت البكتريا على كوكبنا منذ زمن أطول من أى كائن آخر، والحقيقة أنها ربما تكون الساكنة الوحيدة التى ظلت على الأرض لما يقرب من بليونى سنة، وهذا هو أحد الأسباب فى أن البكتريا بالغة التنوع هكذا . وكما يوضح إريك جريس فى كتابه "البيوتكنولوجيا بغير غطاء" نحن نشبه البطاطس أو سمكة القرش بأكثر مما يشبه نوع من البكتريا النوع الآخر منها .

لا يقتصر تقدير العلماء للبكتريا على ما فيها من هذا التنوع، لكنهم يحبون فيها أيضا مرونتها؛ فالبكتريا تتكاثر بسرعة ، وهى رخيصة الثمن ، وليست صعبة الإرضاء بالنسبة لمكان معيشتها، وليس مما يثير الدهشة أن يستعملها العلماء لتخليق بروتينات مثل الأنسولين ، ناهيك عن إنتاج الفاكسينات ، والهرمونات ، ومنتجات كثيرة أخرى .

واطسون يلتقى كريك

فى ٢٨ فبراير ١٩٥٣ اندفع فرانسيس كريك وجيمس واطسون وهما يدخلان حانة أمام حرم الجامعة وأعلنا للجمهور، الذى يتناول وجبة غذائه أنهما قد اكتشفا سر الحياة . حسن ، كما يجرى المثل ، ليس فيما قالا أى زهو متبجح إن ما ذكراه حقيقيا، وكان السر الذى يتحدثان عنه – والذى فازا بجائزة نوبل لكشفهما النقاب عنه – هو تركيب دنا، وهو حقا أحد أسرار الحياة ، إن لم يكن "السر" فى الحياة .

عمل الباحثان معا فى أحد المعامل لسنين عديدة ، وأمكنهما استنتاج الشكل اللولبى المزدوج لدنا وكيف أن له خيطين يصطفان معًا وقد جُدل أحدهما مع الآخر، وأدى فهم شكل دنا وطريقة نسخه إلى تمهيد الطريق للثورتين البيوتكنيكية والجينومية اللتين وفدتا لاحقا ، وساعد على تفسير أسئلة لا حصر لها وضعها المفكرون من قبل.

ولكن واطسون يقول إن السؤال المفتاح بالنسبة له هو ما ورد فى كتاب فى ١٩٤٤ ألفه الفيزيائى المنظر إروين شرودنجر ، وعنوانه " ماذا تكون الحياة ؟"؛ حيث ذكر شرودنجر فى هذا الكتاب النحيل شيئا يقول واطسون إنه أذهله، فقد افترض شرودنجر أننا نستطيع أن نفهم الوراثة إذا أحسنًا فهم الذرات، وأن الحياة تُوصَّف بنوع من "الشفرة الوراثية" (وهو الذى صاغ هذه العبارة) وهى شفرة تكمن فى التشكل الدقيق لجزيئاتنا، ولكن أين توجد هذه الشفرة ، وكيف تعمل ؟

ويقول واطسون: "استقطبنى هذا الأمر، وغيرنى بعد أن كنت أرغب فى أن أكون عالما طبيعيا مثل تشارلز داروين "لتصبح" رغبتى هى أن أكون عالم وراثة يبحث عن سر الحياة ". (٥)

سبق بدء بحثهما فى جامعة كمبريدج ، أن كان هناك زخم يتدافع فى الولايات المتحدة وخارجها فى أبحاث للكشف عن طريقة عمل الوراثة .

> عندما نعرف خريطة الجينوم بأكملها ... سنكون قد مررنا خلال مرحلة من الحضارة البشرية تبلغ درجة الأهمية نفسها ، إن لم تفق درجة أهمية المرحلة التى امتاز بها عصر جاليليو عن عصر كوبرنكوس ، أو عصر أينشتاين عن عصر نيوتن... سنكون قد اجتزنا حدا له أهميته غير المسبوقة ... لن توجد أى رجعة ... نحن نسير بخطى مفعمة بالأمل فوق السفوح العلمية لسلسلة جبال عملاقة.

أيان لويد ، عضو مجلس العموم، ١٩٩٠

فى ١٨٦٩ اكتشف الكيميائى السويسرى الشاب فردريتش ميتشر دنا فى صديد الضمادات الجراحية، وأسماه "النيوكلين" أو حمض النيوكلييك، وعلى الرغم من أنه

لم يكن يفهم أهميته أو تركيبه ، فإنه أول من حدد هذه المادة بدقة، وقد أسماها حمض النيوكلييك لأنها كانت مادة حمضية لم يعثر عليها إلا فى نواة(*) الخلايا.

حدث بعد ذلك بثلاثة أرباع القرن أن استنتج عالم بريطانى اسمه فريد جريفيث مدى أهمية اكتشاف ميتشر، واكتشف جريفيث فى تجربة فى ١٩٢٨ أنه عند مزج صنفين من البكتريا (أحدهما يسبب الالتهاب الرئوى والآخر لا يسببه) ، فإن السلالة المسببة للمرض تجعل السلالة الأخرى تكتسب الخواص المعدية، وقد استنتج جريفيث أن هناك "عاملاً للتحول" يقوم بذلك هو فى جوهره مادة وراثية، وحتى وقتها كانت هذه المادة غير معروفة لأحد .

وفى النهاية حدث فى ١٩٤٤ أن أجاب أوزدالد أفرى عن السؤال فى معمله فى مدينة نيويورك ، وكانت هذه هى السنة نفسها التى أصدر فيها شرودنجر كتابه "ماذا تكون الحياة ؟"، وقضى أفرى أعواما وهو يطحن البكتريا ويتخلص من احتمال بعد الآخر وهو يبحث عن عامل جريفيث للتحول، وانتهى أخيرا بحامض النيوكلييك؛ فهذا الحامض ، كما يزعم ، هو المادة الوراثية التى تحمل معلومات الوراثة .

هكذا بدأ رسميا السباق لأن نكتشف بالضبط كيف يعمل دنا .

وبدأ السباق

يقول واطسون بجرأته المميزة: " نشأ اهتمامى بدنا عن أمنية لى راودتنى لأول مرة وأنا فى سنواتى الأخيرة فى الكلية ، وهى أن أتعلم ما يكونه الجين، ولاشك أنه كان من الأفضل لى أن أتخيل نفسى مشهورا بدلا من أن يتقدم بى العمر لأصبح أكاديميا خامل الذكر لم أغامر قط بأى فكرة ".[٦]

(*) كلمة النواة بالإنجليزية هى "نيوكلياس = Nucleus" ومن هنا أتى اسم حامض النيوكلييك. (المترجم)

كان الأمريكى واطسون وزميله فى المعمل فرنسيس كريك يجريان الأبحاث فى كمبريدج بمعامل كافنديش(*) . لم يكن من المفترض لأى منهما من الوجهة الرسمية أن يجرى أبحاثا على مشكلة دنا ، إلا أنهما كلاهما كان يهتمان اهتماما شديدا به، وكانا بوجه خاص مفتونين ببحث يجريه الفيزيائيان موريس ويلكنز وروزاليند فرانكلين ، اللذان كان يحاولان استخدام تكنولوجيا أشعة إكس للتوصل إلى تفسير ممكن لطريقة ترتيب وتركيب دنا، وهكذا فإن واطسون وكريك كانا يؤديان عملهما الرسمى فى النهار ثم ينهمكان سرا فى ولعهما المتسلط بدنا، ويتابعان عن كثب بحث ويلكنز وفرانكلين .

> تتغلب الطبيعة تغلبا هائلا على الطبع عندما لا تتجاوز اختلافات الطبع ما يشيع وجوده بين أشخاص من المرتبة الاجتماعية نفسها ومن البلد نفسه .
>
> فرانسيس جالتون، عالم الإنثروبولوجيا وتحسين النسل، ١٨٧٦ .

فى الوقت نفسه ، كان يقال عن لينوس بولنج ، عالم الكيمياء الحيوية المشهور، إنه على وشك اكتشاف تركيب دنا فى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا. (كان ابنه بيتر طالبا جامعيا فى كافندش ، وأخذ يعذب واطسون وكريك تعذيبا منتظما بأن يذكر لهما أخبار تقدم أبيه) . لما كان بولنج مموَّلا تمويلا جيدا من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا ولا يقتصر وقت دراسته على ساعات ما بعد العمل ، فقد بدا أنه سيصل إلى الاكتشاف أولا، ولكن ما لبث أن حدث وقتها شيء ما.

فى إحدى ليالى صيف ١٩٥٢ ، عالج واطسون بمادة الإظهار نسخة سلبية لصورة التقطها بأشعة إكس لبعض عينة لدنا . يقول واطسون: " ما إن أمسكت

(*) كافنديش (هنرى) كيميائى وفيزيائى بريطانى عاش من ١٧٣١ - ١٨١٠ ، وهو مكتشف غاز الهيدروجين. (المترجم)

بالسلبية التى ما زالت مبللة إزاء صندوق الضوء ، حتى أدركت تو اللحظة أننا قد حصلنا على ما نريد . كان هناك علامات واشية للشكل اللولبى على نحو لا يمكن اخطاؤه".[٧]

على الرغم من مرور عام على هذا، فإن واطسون وكريك لم يتقدما بخطوة أبعد من ذلك . لقد عرفا أن دنا لولبى – يتخذ شكلا لولبا ملتفا – ولكنهما لم يتفهما ما يكونه عدد الخيوط فى اللولب أو كيف تتلاءم معا وتتناسخ مكوناته (القواعد أ وس وث وج) . وما لبث بيتر بولنج أن دخل إلى معملهم بأخبار سيئة : فأبوه قد توصل إلى تركيب دنا، على أنه ما إن أطلعهما بيتر على مسودة أبيه حتى أحسا بارتياح بالغ: كان بولنج قد رسم خطوطا خارجية للولب من ثلاثة خيوط ، وهذا ترتيب كان واطسون وكريك قد صرفا النظر عنه من قبل لاستحالته .

ويقول واطسون: "من وجهة نظر أساسية ، كان بولنج هكذا قد زل ليقع ووجهه للأرض ، وأدركنا عندها أنه ما زالت هناك فرصة لنا.[٨]

المرحلة النهائية للسباق

أدرك واطسون وكريك فى التو أن الأمر مجرد مسألة وقت حتى يتبين بولنج بعدها خطأه، وهكذا فإنهما ناشدا وليم براج رئيسهما فى كافنديش؛ ليسمح لهما بأن يدرسا دنا علنا ليصلا إلى الإجابة أولا .

منحهما براج مهلة مؤقتة ، وبدأ واطسون وكريك فى عدو محموم فى سباقهما، وزارا أول كل شيء معمل ويلكنز وفرانكلين فى "كينجز كولنج = كلية الملك" ليلقيا نظرة على ما يظهر به آخر ما لديهما من صور دنا بأشعة إكس، ولدهشتهما وجدا هناك أشعات عمرها سنة بالفعل ، ليست فحسب مما يثبت ظنونهما عن التركيب اللولبى ، ولكنها أيضا تطرح أن عدد الخيوط يمكن أن يحدد باثنين .

أخذا فى التو فى بناء نماذج توضح ما وجداه، وظل باقيا عليهما أن يستنتجا كيف يحدث بالضبط أن ينتظم ترتيب الهيدروجين والفوسفات والقواعد، وأقنعهما صديق لهما بأن يقرنا فى أزواج قاعدة س مع ج ، وقاعدة أ مع ث ؛ حيث إن هذه الكيماويات تظهر دائما فى دنا بنسب متساوية (ما يعرف بنسبة تشارجاف)، وفجأة أدرك كريك و واطسون كيف يبنيان بالضبط نموذجهما من الخشب والسلك، الذى يصل ارتفاعه لسبعة أقدام - بشكل سلم متنقل له ذراعان من السكر والفوسفات على الجانبين، بينما أزواج القواعد تشكل درجات السلم .

ويقول كريك: "الهجوم النهائى ... لم يستغرق إلا أسابيع معدودة، وبعدها بما لا يكاد يزيد عن شهر أو ما يقرب ظهرت ورقة بحثنا فى مجلة "ناتشر = (الطبيعة)".[٩]

> من الصعب أن يقاوم المرء الفرض الخلاب بأن الجين شىء ثابت؛ لأنه يمثل كيانا من الكيمياء العضوية، وهذا أبسط فرض يمكن للمرء أن يفترضه حاليا، ولما كان هذا الرأى يتسق مع كل ما يعرف عن ثبات الجين، فإنه على الأقل يبدو كفرض عملى جيد .

توماس هنت مورجان الحائز على جائزة نوبل، ١٩٢٦

التقطت صورة فوتوغرافية للعالمين الشابين الشكسين وهما يقفان بجوار نموذج اللولب المزدوج لدنا الذى يرتفع لثمانية أقدام ، وهى من أشهر صور القرن العشرين، ويلتف النموذج بأسلاكه وأوتاده فى شكل سلم متنقل يلتف كلولب مزدوج.

ويقول واطسون: "قدم اللولب المزدوج تو اللحظة الحل لمشكلتين طرحهما شرودنجر ، كيف يتم اختزان المعلومات الوارثية ونقلها ؟".[١٠]

"أدركنا فى التو أن معلومات دنا الوراثية لابد وأنها تنتقل بواسطة ترتيب القواعد الأربع - أ و ج و ث و س - بطول خلفية السكر/ الفوسفات، وإذن فإن مجرد ترتيب

القواعد يعطى المعلومات، وتُشفَر معلومات دنا بطريقة تشبه أن تكون رقمية، والنسْخ بدوره يتطلب انفصال خيطى اللولب المزدوج، وبعدها يعمل كل خيط مفرد ناتج عن الانفصال كقالب للصب؛ قالب طبع لتشكيل الخيوط الجديدة الثانية باستخدام قوانين أزواج القواعد، ويجب أن يكون لدينا إزاء القاعدة أ القاعدة ث ؛ وإزاء القاعدة ج يجب أن يكون لدينا القاعدة س ".(١١)

نُشر أول مقال لواطسون وكريك عن اكتشافهما فى مجلة "ناتشر" العلمية، وقد أوردا فيه ما يعد بيانا فيه أكثر إبخاس لكشف فى القرن العشرين عندما كتبا : "لم يفت انتباهنا أن طريقة الازدواج المحددة التى افترضناها تطرح مباشرة ميكانزما ممكنا لنسخ المادة الوراثية".(١٢)

إلا أنه قد حدث بالفعل أن الصحف قد فاتها وقتها الانتباه للولب المزدوج، وفاتت القصة على الصحفيين، ولم يعمل أى أحد تقريبا على تغطيتها، ولاريب أن هذا يقول لنا إن ثمة شيئا محيرا فى الصحافة العلمية، ومعظم العلماء يعتبرون الآن أن اكتشاف واطسون – كريك أهم اكتشاف فى القرن ، بل ربما حتى فى الألفية كلها.

كتب كريك فى مذكراته بعد ذلك بعقود أن الأفكار الكامنة وراء اللولب المزدوج كانت "سهلة بما يضحك ، حيث إنها لا تنتهك الحس المشترك" .

ويواصل القول: "أعتقد أن هناك سببا قويا لبساطة الأحماض النووية، ومن المحتمل أن هذه الأحماض تعود وراء إلى زمن أصل الحياة ... كان يلزم وقتها أن تكون الميكانزمات بسيطة نوعا وإلا ما كان يمكن للحياة أن تبدأ، واللولب المزدوج هو حقا جزئ رائع، والإنسان الحديث ربما يكون عمره ٥٠٠٠٠ سنة ... أما دنا ... فقد (وُجد) ... هنا وهناك لما لايقل عن بلايين عديدة من السنين ... ومع ذلك فنحن أول كائنات على الأرض تصبح واعية لوجوده".(١٣)

مـصـيـر المرء كله هو الموت حـتى عند مـيـلاده ، ولعل الأمـر أن تركيبه العضوى يحوى من قبل الإشارة إلى ما سوف يموت منه .

سيجموند فرويد ، ١٩٢٤

أدى ما اكتشـفه واطسـون وكريك إلى فوزهـما بجائزة نوبل فى ١٩٦١ ومـعـهـما موريس ولكنز ، أما روزالند فرانكلين فقد ماتت لسوء الحظ قبل منح الجائزة.(*)

عصر ما بعد واطسون – كريك

كتب ريتشارد دوكنز فى كتابه " نهر يخرج من عدن ": " الأمر الثورى حقا بشأن البيولوجيا الجزيئية فى عهد ما بعد واطسون – كريك هو أنها أصبحت رقمية، وماكينة شفرة الجينات تشبه الكمبيوتر شبها خارقًا" .(١٤)

يعنى دوكنز بكلمة الرقمية أن جيناتنا تتآلف من شفرة رقمية تترجم مباشرة إلى بعض شىء آخر، وفى حالة الجينات يكون كلامنا هكذا هو عن الأحـمـاض الأمـينـيـة. فهذه هى لبنات بناء البروتينات .

صفحة لغش الشفرة الوراثية

استنتج العلماء فى ١٩٦٧ الطريقة التى يحدد بها دنا بناء أحد البروتينات.

دعنا نتذكر أنه فى كل شكل حى ستـؤدى حروف أ و س و ث وج (أى القـواعد) الوظيفة نفسـها، فهى تبنى البروتينات بإعطاء التعليمات لمادة كيميائية أخرى تسـمى

(*) تتضمن شروط جائزة نوبل ألا تمنح لعالم قد مات . (المترجم)

رنا RNA، حتى تركب لبنات البروتين معا فى لبنة بناء بعد الأخرى، فرنا فى كل الحالات يغير ث (الثيمين) إلى "يو=U" (يوراسيل)، وفى هذا تبسيط مفرط لكنه يعطى القارئ فكرة عما يحدث.

لبنات البناء تسمى الأحماض الأمينية ، ويوجد على وجه الدقة عشرون منها، وكلمات دنا تتكون من ثلاثة حروف تسمى كودونات ، وهى تتماثل فى أى خلية حية تظهر فيها، وهاك صفحة غش فيها الأحماض الأمينية وما يقابلها من كودونات الكلمات الثلاثية:

الحمض الأمينى	الكودونات
فينيل ألانين	ث ث ث ، ث ث س
ليوسين	ث ث أ ، ث ث ج ، س ث ث ، س ث س ، س ث أ ، س ث ج
سيرين	ث س ث ، ث س س ، ث س أ ، ث س ج ، أ ج ث ، أ ج س
برولين	س س ث ، س س س ، س س أ ، س س ج
أيزوليوسين	أ ث س ، أ ث أ ، أ ث ث
ميثيونين	أ ث ج
ثريونين	أ س ج ، أ س س ، أ س أ ، أ س ج
فالين	ج ث ث ، ج ث س ، ج ث أ ، ج ث ج
ألانين	ج س ث ، ج س س ، ج س أ ، ج س ج
سيستايين	ث ج ث ، ث ج س
تريبتوفان	ث ج ج

تيروسين	ث أ ث ، ث أ س
أرجينين	س ج ث، س ج س، س ج أ ، س ج ج ، أ ج أ ، أ ج ج
هيستيدين	س أ ث ، س أ س
جلوتامين	س أ أ ، س أ ج
أسباراجين	أ أ ث ، أ أ س
ليسين	أ أ أ ، أ أ ج
جليسين	ج ج ث ، ج ج س ، ج ج أ ، ج ج ج
حامض الأسبارتيك	ج أ ث ، ج أ س
حامض الجلوتاميك	ج أ أ ، ج أ ج
شفرة الانتهاء (الشفرة التى ترمز لنهاية التعليمات)	ث أ أ ، ث أ ث ، ث ج أ

بل وحتى ميتشر عالم الكيمياء الحيوية السويسرى الذى اكتشف دنا فى القرن التاسع عشر ، كان يتخيل أنه ربما أمكن لخيط من الكيماويات أن ينقل رسالة وراثية بالطريقة نفسها، التى يوجد بها فى أى لغة ما يقرب من خمسة وعشرين إلى ثلاثين حرفا من الحروف الأبجدية، وتستطيع أن تشرح كل المفاهيم فى كل لغات العالم ذات الأبجديات .

ثبت فى النهاية أن الأحماض الأمينية العشرين - العشرين حمضا أمينيا اللازمة لبناء ما يقرب من ٥٠٠٠٠ من البروتينات الموجودة فى الجسم البشرى - كلها يشفر لها بالقواعد الأربع لاغير أ و س و ث و ج، وأصبح السؤال المهم بعد واطسون وكريك هو كيف .

توصل عالمان شابان للإجابة فى ١٩٦٧ وهما هار جوبند خورانا ومارشال نيرنبرج، واستنتج هذان العالمان أننا إذا أخذنا القواعد الأربع ووضعناها معا فى مجموعات من ثلاث قواعد ، وسنتمكن من أن نرتبها معا هكذا فى أربعة وستين تنظيما مختلفا (٤ × ٤ × ٤ = ٦٤)، وهذا أكثر من أن يكفى للتشفير للأحماض الأمينية العشرين كلها .

> لم يعد السؤال المثير للاهتمام هو ما إذا كان السلوك الاجتماعى البشرى يتحدد وراثيا ؛ وإنما السؤال هو إلى أى مدى يكون ذلك .

إدوارد أو . ويلسون البيولوجى والمؤلف الحائز على جائزة بوليتزر، ١٩٧٨

الشفرة بسيطة، وتشكل ثلاثة حروف "كلمة" واحدة – ما يسمى الكودون – تدل على حامض أمينى معين، وعلى سبيل المثال، فإن كودون س أ ج يخبر الخلية أن تجمّع الحامض الأمينى جلوتامين، وبعض البروتينات صغيرة جدا ، تتطلب لاغير مائتى حامض أمينى كلبنات بناء ، بينما بعضها يتطلب الآلاف، فالأنسولين مثلا فيه المثل للبروتين الدقيق الصغر؛ فهو سلسلة من واحد وخمسين حمضا أمينا لاغير، ليس صدفة أن حدث أن كان الأنسولين من بين أول البروتينات التى صنعها الإنسان – فهو أسهلها تجميعا.

عدّل العلماء جينوم خلية البكتريا ليتضمن التوليفات المضبوطة من حروف الألف والسين والثاء والجيم، التى يستخدمها البنكرياس البشرى لتكوين الأنسولين. وما إن تمكنوا من فعل ذلك حتى تركوا – لا غير – أجيال البكتريا المتعاقبة؛ لتؤدى مهمتها بتكاثرها السريع، ويستخدم الآن ملايين من مرضى السكرى الأنسولين المهندَس وراثيا، وهو نتيجة مباشرة لثورة الجينوميات .

أدى اكتشاف طريقة تجميع الأنسولين الذى يصنعه الإنسان إلى ثورة كبرى فى عالم مرضى السكرى، وكان ما يستخدم قبلها هو أنسولين الخنزير، ولم يكن كل مرضى السكرى يتحملونه .

ما الفارق الذى ينتج عن ثلاثة حروف

فى سبعينيات وثمانينيات القرن العشرين أخذ العلماء يضمون معا قاعدة بجوار قاعدة؛ ليعرفوا كيف تتواءم نظم الأنواع المختلفة من الأمراض الوراثية مع ما كانوا يتعلمونه فى الوراثيات .

كان مرض كوريا (رقصة) هنتنجتون من أول الأمراض التى بُحث أمرها ، وهو من الأمراض البشرية الوراثية ذات الجينات السائدة والتى لها تأثير فظيع بوجه خاص، وتعنى كلمة السائدة أن هذا المرض بخلاف أمراض وراثية كثيرة لا يلزم للإصابة به إلا وراثة نسخة واحدة من الطفر ، بمعنى أنه لا يلزم له وراثة الطفرة من الوالدين ، وإنما من واحد منهما فقط .

فى ١٩٧٨ مات الموسيقى وودى جوثرى من هذا المرض العصبى ، وهو مرض مميت حتما يسلب من ضحيته ببطء أداء وظائفه العصبية عبر فترة من خمس عشرة إلى خمس وعشرين سنة، وانضمت أرملة جوثرى إلى طبيب اسمه ميلتون ويكسلر ، وهو رجل يعرف معرفة وثيقة ما يسببه المرض من تخريب، وأصاب المرض زوجته وثلاثة من أشقائها، أما ابنتاه أليس ونانسى فكان هناك احتمال من ٥٠ فى المائة عند كل منهما للإصابة بـه.

استحوذت على ويكسلر فكرة العثور على الجين المسئول، وهو يقول: "أصبحت من النشطاء فى ذلك لأنى كنت أنانيا أنانية رهيبة، وخشيت حتى الموت من أن تصاب به أيضا إحدى بناتى".[١٥]

انضمت أيضا إلى هذه المعركة نانسى ابنة ويكسلر، وطلب منها الجميع أن تنسى هذا الأمر – فالعثور على جين واحد من بين عدد يحتمل أن يكون مائة ألف جين (لم يكونوا وقتها يعرفون عدد الجينات البشرية) لهو هدف مجنون ، هذا أمر لا يمكن إنجازه بأى حال .

إلا أن نانسى ويكسلر بقيت على تصميمها، وتابعت معلومة وصلتها عن عائلة كبيرة منتشرة فى فنزويلا يعانى أفرادها من مرض هنتنجتون ، فطارت إلى هناك وأخذت تجرى لقاءات مع الناس، واكتشفت أن امرأة هناك كانت قد أصيبت بالمرض ولها ذرية متتابعة من ٩٠٠٠ فرد، وأصيب بالمرض ٣٧١ فردا من هذه الذرية ، وكان هناك أكثر من ١٥٠٠ فرد يتشاركون فى النسبة نفسها من احتمال خطر من ٥٠ فى المائة بأن يكون لديهم على الأقل والد واحد مصاب.[١٦] وبعدها أخذت تجمع عينات للدم .

كتبت نانسى ويكسلر بعدها أن هذه " كانت أياما ساخنة مزعجة نجمع فيها الدم".[١٧] وكان التقدم بطيئا، وتمكن طبيب يعمل مع ويكسلر فى بحثه من أن " يحدد موقع " مشكلة هنتنجتون بأنه فوق الذراع القصير لكروموسوم(٤)، وكان يعتقد أنه فى مكان ما فى منطقة يقرب طولها من مليون قاعدة، ولم يحدث تقدم بعدها طوال ثمانية أعوام، و"ظلت المهمة شاقة لأقصى درجة ، فى تلك المنطقة العدائية عند قمة كروموسوم (٤)، وكان الأمر أشبه بالزحف لارتقاء قمة إيفرست طيلة الأعوام الثمانية الماضية".[١٨]

> سيحدث خلال عشرة أعوام أن والدى الطفل (حديث الولادة)
> سيكون لديهما، قبل أن يغادرا المستشفى، الخيار فى أن يحوزا
> بروفيل جينومه فوق (قرص روم المدمج).

كريج فنتر، راند تحديد تتابع الجينوم ، ٢٠٠٣

وفى النهاية عثر الباحثون بعدها على الجين المطلوب فى ١٩٩٣ - جين على كروموسوم ٤ أصابه تحريف ردىء ، وتبين أن سبب المشكلة هو تكرار لكلمة من ثلاث قواعد هى س أ ج، وكلما زادت التكرارات كان المصاب أسوأ حالا، وثبت أن العدد اللّعين يقرب من تسعة وثلاثين تكرارا، وقد تتكرر كلمة س أ ج تسعا وثلاثين مرة فى صف وينتهى الأمر بظهور أول أعراض هنتنجتون فى سن السادسة والستين وإذا كانت الكلمة تتكرر لخمسين مرة ، يأخذ المريض فى فقد وظيفة مخه فى سن يقرب مباشرة من السابعة والعشرين .

يسجل مات ريدلى الأمر فى كتابه "الجينوم" بأسلوب لا ينسى : "إذا كانت كروموسوماتك طويلة بما يكفى لأن تمتد حول خط الاستواء ، فإن الفارق بين الصحة والجنون يكون أقل من بوصة إضافية واحدة".[١٩]

يهمنا فهم قصة جين هنتنجتون لأسباب عديدة؛ أحدها أنها توضح كيف أنه فى مدى لا يزيد عن سنوات قليلة لاغير تقدم علم الطب من وضع كان عمليا لا يعرف فيه شيئا عن هذه المتلازمة؛ ليصل إلى فهم أسبابها بالتفصيل الدقيق .

> الانفعال الرئيسى الذى أدى إلى الكشف عن اللولب المزدوج هو الفضول، وقد ركزنا أنا وكريك فضولنا على دنا .

جيمس د. واطسون، الحائز على جائزة نوبل ـ والمشارك فى اكتشاف اللوب المزدوج ، ٢٠٠٣ .

وهذا يؤدى أيضا لإدراكنا لفكرة تثير الانتباه، على الرغم من أننا نستطيع اختبار أى فرد حول وجود طفرة هنتجتون ، فإنه لا يوجد إلى الآن علاج يشفى من المرض ، لا توجد طريقة للتنقيب داخل الملايين من خلايا المخ التى تحمل هذه الطفرة لإصلاحها .

ظلت نانسى ويكسلر وشقيقتها ترفضان حتى ذلك الوقت إجراء الاختبار لهما، وكانتا كلتاهما فى عمر أكبر بعقد من السنين من عمر أمهما عند تشخيص مرضها، وكنا نفترض - ونحن نحاول إنشاء اختبار للمرض - أننا سنصاب به نحن الاثنتين، ولكن ما إن وُجد الاختبار حتى صرنا نفكر بشأنه تفكيرا مختلفًا، وتحدثت عائلتنا حديثا لا ينقطع حول النتائج . حتى لو كنا سنعيش فى خطر طول حياتنا ، ونظل نفكر فى هذا الشأن ونبكى بسببه ، فسيبقى هناك بعض قدر من الإنكار يساعدنا على المضى فى يومنا، وإجراء الاختبار لنا قد يأخذ هذا منا ".[٢٠]

تحديد التتابع أوتوماتيكيا

تم اختراع طريقة أوتوماتيكية لتحديد تتابع دنا فى السبعينيات من القرن العشرين ، وهذا الاختراع هو الذى جعل من الممكن فى النهاية تعيين جين هنتنجتون ومالا يحصى من جينات غيره - والحقيقة أنه هو الذى جعل من الممكن أيضا رسم خريطة كل الجينوم البشرى .

قبل طرائق الأتمتة ، كان تحديد تتابعات دنا مهمة شاقة، ومن السهل جداً أن يتلف جزئ دنا الدقيق ، بالإضافة إلى ما يلزم من قراءة الحروف الميكروسكوبية أ وس وث وج من بين ملايين الحروف (بل وبلايين الحروف فى حالة الجينوم البشرى)، وقد جعل هذا أفرادا كثيرين يعتقدون أن هذه المهمة لن يتم إنجازها خلال زمن حياتنا . وحسب ما نشره "مشروع الجينوم البشرى" من الإحصاءات "على الخط" فإن العالِم الواحد الذى يطبع ستين كلمة فى الدقيقة سيحتاج لثمانى ساعات فى اليوم لمدة خمسين سنة حتى يطبع جينوما بشريا ، قاعدة فقاعدة .

لم يحدث إلا فى منتصف سبعينيات القرن العشرين أن يتمكن قلة من العلماء من تحديد تتابع أى خيط من دنا طوله يزيد عن ثمانين قاعدة، ثم وفد ما يسمى بطريقة

"سانجر" لتحديد تتابعات دنا ، على اسم مخترع الطريقة فريد سانجر، وتتطلب هذه الطريقة أولا تقطيع عينة دنا إلى قطع كثيرة من أحجام مختلفة، وصنع نسخ كثيرة من كل منها بحيث يصبح لدى العلماء ثروة من خيوط دنا ليختبروها، ثم تُلحق طريقة سانجر واسمة مشعة بأخر حرف أ أو س أو ث أو ج فى كل مقطع، ويحدث فيما بعد أن يأخذ أحد الباحثين فى "قراءة" هذه الواسمات، ولقد أدت هذه الطريقة إلى أن زادت مباشرة من سرعة تحديد التتابعات من معدل يقرب من ١٥٠ زوجًا من القواعد لكل باحث فى كل سنة ليصبح ما يقرب من ١٥٠٠ فى السنة، إلا أن هذه الطريقة باهظة التكلفة، ومربكة وتنقصها الكفاءة، وتتطلب عمالة مكثفة، وقد نال سانجر فى ١٩٨٠ جائزة نوبل للكيمياء على بحثه .

هل تريد أن تعرف متى تموت ، خاصة إن لم تكن لديك أى قدرة على تغيير المصير؟

نانسى ويكسلر ، عالمة بيولوجيا وصائدة جينات، ١٩٩٢

أحدث ليروى هود الباحث فى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا ، تقدما جديدا فى ١٩٨٦ عندما اخترع جهاز تحديد تتابع مؤتمت جزئيا ، وهو جهاز يلحق أصباغ فلورية(*) بالقواعد، وكانت نواتج ذلك أسهل كثيرا فى القراءة – وتستطيع إحدى الماكينات إنجاز ذلك – الأمر الذى زاد من سرعة انجاز المهمة . كما أن هذه الطريقة أكثر أمنا؛ لأنها لا تستخدم كيماويات مشعة فيها احتمال خطر ضار.

يعمل جهاز هود الأوتوماتيكى لتحديد التتابع بمثل طريقة سانجر الأصلية، حيث إنه يمزق دنا لقطع عند كل نقطة ممكنة؛ لنأخذ مثلا خيطا من : أ س أ ث ج س ج ث أ ج ث س أ ج ث أ س .

(*) الفلورية إثارة مادة بإشعاع جسيمى أو فوتونى لتبعث بإشعاع ضوئى مميز ، وهى نسبة لمادة الفلور، أول مادة اكتشفت فيها هذه الظاهرة . (المترجم)

سيمزَّق هذا الخيط إلى قطع من أحجام مختلفة، ثم ترتب حسب طولها كالتالى:

أ ... أس ... أ س أ ... أ س أ ث ... أ س أ ث ج ...

أ س أ ث ج س ... أ س أ ث ج س ج ...

على أن هود طرح ما تبين أنه فكرة أفضل، وتخيل ما سيحدث لو أنه خصص لونا معينا لكل واحدة من القواعد، فإذا أخذت كل شظية من دنا لون القاعدة الموجودة فى الموضع الأخير، ستتمكن طابعة كمبيوتر رخيصة بأربعة ألوان من أن تسلم لنا النتائج على الورق ، وتخلصنا من الحاجة إلى فنى معمل يعيد قراءة العينة بعد أن وسمها بالكيماويات .

وعلى سبيل المثال : إذا كانت (أ) زرقاء ، و (س) خضراء ، و(ث) صفراء و(ج) حمراء، فإن كل من تلك القطع التى فى المثل السابق سيكون لها لون معين . (القاعدة الأخيرة وحدها فى أى قطعة من التتابع هى التى يلزم أن تُشفر باللون)، وبالتالى سنجد فى المثال السابق أن :

أ	س	أ	ث	ج	س	ج
أزرق	أخضر	أزرق	أصفر	أحمر	أخضر	أحمر

عندما يُطبع اللون المصاحب لآخر قاعدة فى كل طول ممكن من التتابع ، سنحصل على التتابع المضبوط للقواعد، وهذه طريقة فعالة بسيطة وخارقة للمعتاد لزيادة سرعة تحديد تتابع دنا .[٢١]

لن تكون هناك أى جينومات دون القدرة على أن نخزن ، ونقارن، ونحلل ، ونبحث، ونشرح كل التتابعات التى تتولد فى عصر الجينوم.

هارولد فارموس، الحائز على جائزة نوبل ورائد أبحاث السرطان، ٢٠٠٢

باستخدام الطرائق السائدة فى ١٩٨٥ لتحديد تتابعات دنا ، أمكن فقط تحديد تتابع ٢٥٠٠٠ من أزواج القواعد لكل شخص لكل يوم، وأصبح يمكننا فى ٢٠٠٤ أن نحدد تتابع أكثر من ١٢٠٠٠ من أزواج القواعد لكل ثانية . وبفضل تحسين تكنولوجيا الكمبيوتر ، يزداد هذا الرقم طول الوقت .

يقول هود: "هذا وقت من أكثر الأوقات إثارة فى علم البيولوجيا، فنحن قد بدأنا بالكاد نحس بالثورات التى ولدها (مشروع الجينوم البشرى) ، إلا أن هناك تغيرا عميقا واحدا قد حدث بالفعل ، وهو إدراك أن البيولوجيا أساسا علم معلوماتى".[٢٢]

الخلاصة ، هى أنه بمجرد أن خرج الباحثون بطريقة مؤتمتة لاكتشاف تتابع القواعد فى امتداد من دنا ، أصبح رسم خريطة الجينوم البشرى فى النهاية أمرا واقعا. تحديد التتابع يدويا لا يمكن له بأى حال أن يؤدى إلى نتائج سريعة ومضبوطة هكذا. تتيح طريقة تكسير قطعة من دنا إلى عدة قطع للكمبيوتر أن يضمها معا بالطريقة نفسها التى نضم بها معا القطع فى لغز الصور المقطعة المتشابكة (jigsaw) – فنشبك مثلا الأركان أولا ، ثم الجوانب ، ثم نضيف فى كل مرة قطعة واحدة إذا تلاءمت مع النمط المتداخل من حولها . الكمبيوتر بما له من سرعة ومن انضباط عقلى أحادى يعد جهازا مثاليا لهذه المهمة، وبالتالى فإن التكنولوجيا قد مهدت الطريق للسباق بين شركة سيليرا ومشروع الجينوم البشرى من أجل رسم خريطة الجينوم البشرى، ومع حلول نهاية المشروع كانت الكمبيوترات تفك شفرة الجينوم البشرى بمعدل ١٢٠٠٠ من حروف القواعد لكل ثانية .

كريج فنتر يواجه العالم كله

بادر كريج فنتر مؤسس شركة "سيليرا جينومكس" إلى أن يبين أن رسم خريطة الجينوم البشرى يعتبر انتصارا لتكنولوجيا الكمبيوتر بالقدر نفسه الذى يُعتبر به انتصارا للبيولوجيا .

ويقول فنتر: "بصفتي بيولوجيا ، لم أكن أعرف أى شىء عن الحوسبة فائقة السرعة، ولكنى لحسن الحظ عالم تجريبى؛ لأن علىّ أن أقيّم كل مصنّعى الكمبيوتر الرئيسيين فى العالم، وأجرب وأستنتج أى كمبيوتر هو الذى يكون قادرا على تجميع الجينوم البشرى "

لم تكن هناك طريقة لغربلة المزاعم التى أتت من شركات أى بى إم ، وديجيتال ، وسَن ، وسيليكون جرافيكس ، وبالتالى فقد أعطيتهم مشكلة ليصلوا لحل لها؛ أعطيت كل واحدة منها جينوم الهيموفيلوس (الذى سبق تحديد تتابعاته ، وأعطيتهم الخوارزم(*) الخاص بنا، وطلبت منهم أن يروا إن كانوا يستطيعون تحسين فترة الأحد عشر يوما التى استغرقناها فى تجميع الجينوم باستخدام كمبيوتر شركة سن (ميكروسيستيمز) من نوع ٣٢ – بتة، ولم يتمكن من مجرد إجراء التجربة إلا كمبيوتران اثنان أحدهما لشركة أى بى إم والآخر كمبيوتر (كومباك) لشركة ديجيتال. واستطاع جهاز ديجيتال ببعض التفعيل برقائق (ألفا) أن يخفض الزمن إلى تسع ساعات، وتخفيض الوقت من أحد عشر يوما إلى تسع ساعات يعد تحسينا كبيرا، وهكذا عملنا مع كومباك لبناء منشأة ضخمة " .

> أقمنا مصنعا كبيرا لتحديد التتابع . استغرق بناء منشأتنا وتجهيزها بالكامل ما يقرب من ستة شهور . معملنا فى حجم ملاعب كرة القدم ... وضعنا الإلكترونات محل الأفراد وشرعنا بإجراء عمليات بذلنا فيها جهداً هائلاً .

كريج فنتر رائد عمليات تحديد تتابع الجينوم ، ٢٠٠٢

(*) الخوارزم مجموعة من خطوات أو تعليمات توفر طريقة لحل إحدى المسائل أو المشكلات والتوصل تدريجيا إلى النتيجة . (المترجم)

انتهت سيليرا بأن أصبح لديها ١٢٠٠ معالج (ألفا) ، وهذه أسرع تكنولوجيات الكمبيوتر المتاحة وقتها، وكان مراسلو الصحف الذين يزورون معمل سيليرا فى أواخر تسعينيات القرن العشرين يعلقون دائما على ما يرونه من بيئة غريبة تختلف عن أى معمل آخر رأوه بأى حال : مجرد قلة من الباحثين ثم ما يساوى مساحة ملعبين اثنين لكرة القدم من كمبيوترات ضخمة تضخ البيانات خارجا، واعتمدت سيليرا على طريقة سُميت بـ "طريقة بندقية الرش فى تحديد الجينوم بأسره "، ومن الناحية الجوهرية ، كان باحثو سيليرا يأخذون كل دنا خارج الخلايا (من ثلاثة ذكور وأنثيين مجهولى الهوية كلهم) حتى يختبرونه ويقطعونه إلى شظايا من أحجام مختلفة، وصنعوا نسخا (بالاستنسال) لهذه الشظايا من دنا ثم تركوا للكمبيوترات أن تعمل بأن تستخدم طريقة رياضية لإعادة تجميع القطع وتسمية كل قاعدة .

يقول فنتر: "دعنا نتخيل أننا نحاول أن نرتب فى صف خمسة وأربعين مليونا من هذه التتابعات عن طريق استنتاج أين يكون تشابكها ، خاصة عندما يكون هناك الكثير من التكرارات فى الجينوم، وهكذا فإننا لا نضم الأشياء معا إلا عندما يكون هناك حل رياضى واحد للجينوم البشرى كله، واحتمال وقوع خطأ يكون بأقل من واحد إلى ١٠ للأس الخامس عشر (١٥١٠)، وهذا هو السبب فى أننا كنا واثقين جداً من نجاح الطريقة فى حين أن كل الناس الآخرين كانوا يقولون إنه أمر يستحيل مطلقا."[٢٣]

والحقيقة أن معظم العلماء الآخرين فى أرجاء العالم كانوا يعتبرون أن محاولة سيليرا مجرد أمر يبعث على التسلية، وعندما نتوصل لأن نحدد سريعا تتابع جينوم خلية بكتريا بطريقة بندقية الرش فإن هذا أمر ، أما التوصل لإكمال الجينوم البشرى؟ فهو أمر مختلف تماما. على أى حال ، فهناك ما يزيد عن ألف باحث فى "مشروع حكومة الولايات المتحدة للجينوم البشرى" كلهم يعملون بشدة على المشكلة نفسها منذ ١٩٨٨ .

لدينا الآن لأول مرة مقتطفات تاريخية عنا نحن أنفسنا ، بعضها مُرر عبر بلايين السنين، وقد بدأنا بالكاد نتعلم طريقة قراءة القصة، ولا ريب أنها ستظل تسحرنا طيلة عقود آتية.

إريك لاندر عالم بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا ، ٢٠٠١

الحقيقة أن المنافسة المتوقدة بين فنتر ومشروع الجينوم البشرى (الذى كان يرأسه فى أول الأمر جيمس واطسون) قد بدأت فى ١٩٩١، فكان فنتر وقتها أحد علماء المعاهد القومية للصحة (مقص) ، وكان يستخدم طريقة تسمى "التعبير بواسمات التحديد " حتى يجد الجينات بسرعة ويميزها بعلامة ، وذلك بدلا من التجارب الطويلة الدقيقة التفاصيل، التى كان العلماء يستخدمونها عادة، وأخبر فنتر إحدى لجان الكونجرس أن معاهد (مقص) تسجل براءة اختراع لما يكتشفه من الجينات بمعدل يقرب من الألف لكل شهر ، وهو قول أثار حنق واطسون، وتشكّى واطسون من أن منهج فنتر الذى يكتفى بتحديد موضع الجينات دون تحديد وظيفتها هو مجرد "قشط لطبقة القشدة" الأمر الذى "يمكن واقعيا لأى فرد أن يؤديه" .[٢٤]

انتهى الأمر بواطسون إلى نشوب حرب بينه وبين رئيسه فى (مقص) برناردين هيلى ، وفقد وظيفته فى هذه الحرب، وعين مكانه فرنسيس كولنز ، وهو عالم وصائد جينات لعب دورا رئيسيا فى بحث أمر جين التليف الكيسى قبل ذلك بسنوات .

عندما ترك فنتر معهد (مقص) فى ١٩٩١ ، دعته شركة استثمارية لأن يحاول تنفيذ استراتيجيته لتحديد تتابع الجينات فى مشروع لا يستهدف الربح ، هو "معهد البحث الجينومى" ، ومخصورة هذه الكلمات (بالإنجليزية) هى TIGR = تيجر" . فى ١٩٨٨ أطلق فنتر قنبلة أخرى، وأخذ يوحّد قواه مع شركة بيركن إلمر العملاقة ليكوّن شركة جديدة تستخدم ماكينة أوتوماتيكية لتحديد التتابع لها قدرة فائقة، وعد بأن

ماكينات الشركة ستضخ التتابع خارجا فى ثلاث سنوات لاغير ، وبتكلفة ٣٠٠ مليون دولار فقط .

تواصلت المعركة فى السنوات الثلاث التالية بإصدار البيانات الصحفية من كلا الجانبين ، سيليرا ومشروع الجينوم البشرى الممول فيدراليا) وكل منهما يواصل الإعلان عن أنه قد حدد تتابع هذه أو تلك النسبة من الجينوم، وتصالح الجانبان فى النهاية فى أوائل ٢٠٠٠ ، واتفقا على هدنة فى السباق وأعلنا معا فى الوقت نفسه فى يونيو ٢٠٠٠ ، فى حدث تم فى البيت الأبيض ، عن مسودة للجينوم البشرى من ٣,٢ من بلايين الحروف، واشتركا كلاهما فى تسليم نتائج مجهوداتهما معا لإحدى المجلات العلمية .

مسارات التقدم الأخرى

ماذا بعد ذلك؟ كل شيء .

على الرغم من كل الحماس ، فإنه ما زال يتبقى علينا أداء قدر هائل من العمل؛ فرسم خريطة الجينوم ليس إلا مجرد بداية .

ذكر لى العالم ليروى هود تشبيها يسهل فهمه، فهو يقول إن معرفة تتابعات الجينوم البشرى تشبه امتلاك قاموس للإسبانية ، " قد تكون لديك فيه كل الكلمات ، ولكنك تظل فى حاجة لأن تتعلم تكلم اللغة (استخدامها)" .[٢٥]

أما دافيد بالتيمور بمعهد كاليفورنيا التكنولوجيا فيبسط الأمر على النحو التالى: "تحديد تتابعات الجينوم هو أيقونة علمية، لكنها إلى حد كبير رمزية، وما زال هناك الكثير لنفعله " .[٢٦]

عندما نعرف سلسلة الكيماويات التى تشكل دنا البشرى، فإن ما نعرفه يتوقف بنا عند هذا الحد، والعلماء الآن قد حولوا انتباههم لاستنتاج ما يتأتى بعد ذلك – تفسير الشفرة فعلا .

سيكون مغزى ذلك مشابها لمغزى الجهود التى أدت إلى غزو الفضاء، وينبغى العمل على تنفيذ ذلك بالروح نفسها .
بل وسيكون الأكثر إثارة للاعجاب أن نجعل من ذلك مهمة دولية ، لأن تتابع قواعد دنا هو حقيقة نوعنا ، وكل ما يحدث فى العالم يعتمد على تلك التتابعات .

ريناتو دولبكّو الفائز بجائزة نوبل ، وهو يتحدث متخيلاً مشروع الجينوم البشرى فى ١٩٨٦

هذه هى المعرفة التى يحتاجها العلماء لصنع أدوية تحدث مفعولها على جينات وبروتينات بعينها ، ناهيك عن إعادة تنظيم مكوّنات الجينوم نفسه، وما زال النقاش يدور حول مدى الوقت اللازم للباحثين ليحولوا تتابعات الجينوم البشرى إلى ثورة فى الرعاية الصحية تقدًر كميا، ولا يزال النجاح حتى الآن متقطعا، لكن مرة أخرى ، فإن التقدم يتأتى فى تقطع بلا انتظام .

يوضح مارك والبرت المدير باتحاد شركات ويلكوم أن الباحثين قد اكتشفوا جينا يسمى براف (BRAF) فى يونيو ٢٠٠٢، وسجلوا أن الجين له دور فيما يزيد عن ٧٠٪ من حالات الميلانوما(*) الخبيثة، وبحلول أبريل ٢٠٠٣ كانت الشركات تبحث بالفعل أمر عقاقير تستهدف هذا السرطان. [٢٧]

(*) الميلانوما نوع من سرطان الجلد سريع جداً فى انتشاره بالجسم وقتل المريض. (المترجم)

ما لدينا من حقائق

الحقيقة (١) : فى ١٩٨٥ عندما طُرح مشروع الجينوم البشرى لأول مرة ، ظن كثيرون من النقاد أنه نوع من السخف، ووقتها لم تكن توجد التكنولوجيا اللازمة لفك الشفرة حتى ولو لتتابع فى خلية بكتريا بسيطة، ناهيك عن كائن بشرى . وكان أكبر جينوم قد حُددت تتابعاته وقتها هو لفيروس ضئيل اسمه أبشتين - بار.

الحقيقة (٢) : بدا للكثيرين من العلماء أن تحديد تتابعات الجينوم البشرى بأزواج قواعده التى يصل عددها إلى ثلاثة بلايين هى مجرد مهمة من خالص الملل، وأوصى سيدنى برينر العالم فى مجلس الأبحاث الطبية بالمملكة المتحدة أن تعهد الحكومات بهذه المهمة للمجرمين : وكلما كانت الجريمة أسوأ ، يكون على المجرم أن يحدد تتابع كروموسوم أكبر .

الحقيقة (٣) : لعل القارئ قد سمع عن الجينوميات ، أو دراسة دنا، ولكن هل سمع شيئا عن كل المجالات الأخرى التى تفرعت منها ؟ هناك البروتيوميات ، أو دراسة البروتينات التى يشفر لها دنا وما تفعله. وهناك الجينوميات البنيوية التى تهدف لتوليد صور للبروتينات بأبعادها الثلاثية حتى تتمكن شركات الأدوية من أن تسدد ضربة أدويتها للهدف تسديدا أفضل، ثم لدينا الجينوميات المقارنة ، أى تحليل دنا البشرى مع تحليل دنا القرود ، والفئران ، وذباب الفاكهة ، والبكتريا وغيرها من الكائنات الحية ذات الأنماط المشتركة - وهذه استراتيجية تعمل كالمفتاح لاستنتاج ما تفعله الجينات المفردة .

الحقيقة (٤) : فى ١٩٩٦ اقترح البابا جون بول الثانى أن هناك نقطة "انقطاع أونطولوجى" تقع بين القردة العليا والبشر ، وهذه هى النقطة التى أولج الله فيها الروح البشرية، بما أن البشر أقل بكروموسوم واحد عن القردة العليا - يقول العلماء إنه حدث اندماج لكروموسومين فى القردة العليا ليصبحا كروموسوم (٢) الموجود عندنا - يقترح الكاتب مات ريدلى ساخرا أن كروموسوم ٢ هو موضع الروح، ويقول: ربما تقع جينات الروح بالقرب من منتصف كروموسوم (٢)".[٢٨]

الحقيقة (٥) : فى ١٩٨٩ منح الرئيس جورج هـ . و . بوش الميدالية القومية للعلم لعالمين رائدين فى أبحاث توليف دنا وهما ستانلى كوهين وهربرت بوير، وأشار إلى "مشروع الجينوم البشرى" بأنه "مبادرة الجنوم"(*) البشرى .[٢٩]

الحقيقة (٦) : فى أثناء دراسة فريد سانجر وزملائه لفيروس صغير سجلوا أن الجينات لا يلزم بالضرورة أن يقع الواحد منها تلو الآخر ، فهى فى الواقع يمكن أن تتداخل معا، ويشبّه فريمان دايسون هذه النظرة المتبصرة بمقطوعة موسيقى ثنائية لموزارت؛ حيث يقف عازفان للكمان أحدهما فى مواجهة الآخر وبينهما قطعة واحدة من الموسيقى ، ويعزف أحدهما عزفا طبيعيا ، بينما العازف الآخر يعزف النغمات من أسفل الصفحة إلى أعلاها . ويقول دايسون: "أود أن أسمى فيروس سانجر بأنه فيروس موزارت، ويبين هذا

(*) من المعروف عن بوش أنه كثيرا ما يخطئ أو يسئ النطق ، وهو هنا يقول كلمة "جنوم" بدلا من جينوم و"مبادرة" بدلا من مشروع . (المترجم)

أن الطبيعة تستطيع أن تنشيء جينوما بالبراعة نفسها التى استطاع بها موزارت أن ينشيء معزوفة ثنائية".[٣٠]

الحقيقة (٧) : ذات مرة قال العالم ماكس ديلبروك مازحا: إنه كان ينبغى منح أرسطو جائزة نوبل بعد وفاته؛ لأنه توقع ظهور دنا، فقد حاج الفيلسوف الإغريقى بأن البيضة يكمن فيها "قالب" دجاجة ، وأن جوزة البلوط تحمل فى داخلها تصميم شجرة بلوط .[٣١]

الحقيقة (٨) : كريج فنتر بطل من الوزن الثقيل فى تحديد التتابعات الجينية، وقد سمّى شركته " سيليرا جينومكس " وذلك من الكلمة اللاتينية "سيليرس Celeris" التى تعنى السريع أو الرشيق . وشعار الشركة :

" السرعة لها أهميتها، والاكتشاف لا يستطيع الانتظار" .

الفصل الثالث

الجينوم الذى لديك - كتيب إرشاد للمالك

لدى كل واحد منا ثلاثة وعشرون زوجا من الكروموسومات هى التى تجعله شخصا متفردا، لكن هذه الكروموسومات عليها ٣,٢ بليونا من أزواج القواعد فيها عدد من الجينات يقرب فقط من ٣١٠٠٠ جين .

هذه الحقيقة وحدها هى إحدى أكبر المفاجئات فى مشروع الجينوم البشرى، فلدينا من الجينات عدد أقل من ثلث ما توقعه أى فرد - بل عدد لا يصل حتى إلى ضعف كمية الجينات عند الدودة المستديرة، وهناك صنف من الأميبا لديه كمية من الجينات تقرب من مائتى مثل كمية جيناتنا .

من السهل أن نفهم لماذا يضيق الناس بذلك، فهذا فيه ما يحط بنا . على أن السؤال عن السبب فى أن جينومنا أصغر مما فى حيوانات أخرى "أبسط" منا هو فحسب القمة الظاهرة، وتحديد تتابعات الجينوم البشرى فيه ما يؤدى دائما لإنتاج الجديد من الألغاز ، والتبصرات ، والأدلة التى تدعم أو تهدم ما كنا نعتقد أننا نعرفه بالفعل، ويذكر هذا الفصل القصير بالتفصيل بعضا من هذه الطرائف .

نحن أكثر تماثلا مما كنا نعتقده

مقدار الاختلاف بين أحد الأفراد وفرد آخر لا قرابة له به يتمشى بكلبه البودل أسفل الشارع ، مقدار يبلغ فحسب ٠,١ فى المائة، ويعنى هذا أن الفرد منا يتشارك مع أى فرد آخر لا قرابة له به بمقدار ٩٩,٩ فى المائة من دنا نفسه، والحقيقة أن ترتيب تلك القواعد كلها هو بالضبط متماثل فى كل الناس تقريباً .

وكما ثبت فى النهاية ، لا يوجد إلا جزء صغير من الجينوم - ما يقرب من ثلاثة بلايين قاعدة - يختلف من شخص إلى آخر . وبالطبع ، فإن الواحد منا يكون حتى أكثر تماثلا مع أقاربه .

حتى نتصور ذلك ، دعنا نتخيل أن جينوم كل فرد منا هو كتاب، ولديك أنت وأى شخص آخر كتابان يكادان يتماثلان – الخط القصصى نفسه ، والترتيب نفسه للفصول والكلمات، إلا أن هناك فى بعض صفحة عشوائية – لتكن مثلا صفحة ١٠٠ – من كتابك خطأ مطبعى، ولعل الخطأ يذكر كلمة "سُبع" حيث ينبغى أن تُذكر كلمة "سَبع". وربما تكون لديك كلمة تكررت – كأن تتكرر كلمة "هذا" مرتين – فى حين أن الشخص الآخر لديه كلمة "هذا" مرة واحدة فقط .

حسب إحصاءات الجينوم البشرى ، إذا أخذت أنت وأحد الأصدقاء فى تلاوة ما لديكما من تتابعات دنا بمعدل حرف واحد فى كل ثانية ، سيمر بكما زمن قدره ثمانى دقائق ونصف الدقيقة حتى تصلا معا إلى أول اختلاف .

نحن أساسا كلنا توائم متطابقة .

كريج فنتر ، رائد تحديات تتابعات الجينوم البشرى .

ثم يقول العلماء إن آلافا معدودة لاغير من هذه الاختلافات مسئولة عن الاختلافات البيولوجية بينك وبينى . كريج فنتر ، مؤسس شركة "سيليرا جينومكس"، الشركة التى قادت جهد القطاع الخاص فى رسم خريطة الجينوم، وقد انطلق بهذه الفكرة إلى أقصى مدى عندما قال لمذيع يجرى لقاء معه فى هيئة الإذاعة البريطانية: "يعنى هذا أننا أساسا كلنا توائم متطابقة – بل وأكثر حتى مما كنا نعتقد".(١)

قد تبدو هذه النقطة مضادة لما هو بدهى، وعلى كل فإن التباين بين الأفراد يبدو كبيرا – هناك الشقراوات والسمراوات ، والطويل والقصير ، والأعمى والبصير. بعض الناس يعيشون ليبلغوا المائة ، بينما يموت آخرون فى طفولتهم من أمراض وراثية مروعة .

قد يكون من المرجح أن شخصا لديه اختلافات قليلة فى حروف القواعد سوف يصاب بمرض كوريا هنتنجتون ، بينما لا يصاب شخص آخر. وربما يحدث لشخص

آخر لديه تغير واحد لا غير فى أحد الجينات ، أن يموت بمرض التليف الكيسى فى سن مبكر، وهناك أخرى سوف ترث طفرة وحيدة تجعلها عرضة للإصابة بنوع من سرطان الثدى .

ولكن تظل هناك حقيقة موجودة ، هى أن البلايين الثلاثة من حروف القواعد التى تشكل الشفرة الوراثية البشرية ، ليس فيها إلا ثلاثة ملايين لا غير(٠,١ فى المائة) تكون فريدة لكل شخص . ويثبت فى النهاية أن هذا يكفى لتفسير الاختلاف فى المظهر، والاستهداف للمرض ، وما لا يحصى من صفات أخرى ، وإن كان هذا على كل ، تباينا أصغر كثيرا مما كان يتوقعه أى فرد .

نحن مشابهون للشمبانزى (والخميرة) أكثر مما كنا نعتقد.

إذا كنت تشبه بأكثر مما كنت تعتقد جارك الذى يتمشى بكلبه ، إذن دعنا ننظر أمر الشمبانزى .

يتشارك الواحد منا فى جيناته مع الشمبانزى ، أقرب أقربائنا على الأرض، بنسبة تقرب من ٩٩,١ فى المائة، ويعنى هذا أننا لو حللنا دنا إنسان جنبا إلى جنب مع دنا شمبانزى ، سنكتشف أنه لا يمكننا أن نميز بين معظم المادة الموجودة .

هناك تطابق جزئى بين الفأر والإنسان أيضا بدرجة وثيقة مذهلة، فنحن نتشارك فى الجينات مع الفئران بنسبة تقرب من ٧٥ فى المائة، أما بالنسبة للديدان المستديرة فلدينا تطابق جزئى بنسبة ٤٠ فى المائة .

كذلك فإن حوالى ثلث الجينات فى الخميرة تظهر فى دنا الإنسان .

كان لدى أرسطو فكرة أسماها "تدريج الطبيعة " وتعرف أيضًا باسم "سلم الحياة". افترض أرسطو أن الأحياء كلهم على صلة قرابة ، وأنه يمكن ترتيبهم على

تدريج متصل ، من أدنى أشكال الحياة حتى أرقاها . بينما أدت هذه الفكرة إلى الكثير من الاعتقادات الخاطئة - النازيون مثلا استخدموا فكرة أن " بعض الحيوات لها قيمة أعلى من غيرها" للحث على قتل ملايين الأوروبيين - إلا أن مفهوم وجود سلسلة متصلة من الكائنات فوق هذا الكوكب قد ثبت صحتها بصورة مطلقة .

يتفق العلماء على أن اكتشاف وجود تشارك فى الجينات عبر كل أشكال الحياة فى كوكبنا لهو اكتشاف مفتاح ، يوفر الدليل النهائى على أن البشر لم يتكونوا ويتطوروا منفصلين عن كل شىء آخر، وبدلا من ذلك فإن كل أشكال الحياة على كوكبنا لها علاقات قرابة تتشابك فى تعقد ، ومن الممكن بدراسة دنا أن نحدد بالضبط متى وكيف حدث التفرع لأشكال معينة من الحياة .

> مع الثورة الجينومية أصبح هناك أدوات جديدة متاحة لدراسة التنوع البيولوجى على مستوى دنا، وقد استطعنا بهذه الأدوات أن نعيد بناء التاريخ البشرى بدرجة مدهشة من الوضوح .

العالم دوجلاس والاس

" قد تطورنا من خلال تلك المحاولات طول بلايين وبلايين من السنين، محاولات أخذت تعمل بدء من الكائنات وحيدة الخلية للترقى إلى كائنات أكثر وأكثر تركيبا" . هكذا تحدث فنتر فى قناة "سى إن إن"، " لدينا الجينات نفسها كما فى البكتريا. ما يوجد فى خلية البكتريا من الإنزيمات التى تصحح العيوب والشفرة الوراثية من التلف بالإشعاع ، والتلف بالأشعة فوق البنفسجية ، كل هذا يماثل الأشياء نفسها التى تتعلق بالسرطان فى البشر، وهذه عمليات يجرى الحفاظ عليها بدرجة عالية.

"وإذن ، سنجد فى الحقيقة أن أفضل أمل لفهم البيولوجيا والطب البشريين يكمن فى تمكننا من استخدام الجينومات؛ أى التتابعات التى فى الأنواع الأخرى، من أجل فهم التتابعات البشرية ".[٢]

لا وجود لما يسمى بالعِرق

وما دمنا نتحدث عن الأسلاف المشتركة ، فقد ثبت أنه لا وجود لما يسمى بالعرق على مستوى الدنا .

كتب هارولد فريمان الباحث فى سيليرا قائلا: " كلمة العرق كما تستخدم فى الولايات المتحدة هى تركيب اجتماعى وسياسى مستمد من تاريخ أمتنا، وليس للعرق أى أساس علمى، وفيما يُعتقد الآن ، فإن المفهوم البيولوجى للعرق مفهوم يستحيل الدفاع عنه ".(٣)

وبكلمات أخرى لا يمكن للواحد منا عندما ينظر إلى دنا بعض الأفراد أن يعرف ببساطة إن كانوا سودا أو بيضا؛ فالتركيب الوراثى (توصيف دنا أحد الأفراد) ينبغى ألا يُخلط أمره مع المظهر (ما يظهر عليه الأفراد بالفعل). كذلك فإن عالم الأنثروبولوجى سفانت بأبو ، الذى يعمل فى معهد ماكس بلانك للأنثروبولوجيا التطورية فى ليبزج بألمانيا ، يضيف قائلا: "من وجهة النظر الوراثية ، كل البشر أفريقيون ، وهم إما يقطنون فى أفريقيا أو فى منفى حديث".(٤)

يقول لنا العلماء: فى الحقيقة أن دنا يتماثل فيما بين البشر بدرجة أكبر مما يحدث بين صنوف كثيرة أخرى من الحيوانات ، وسبب ذلك فى أغلبه أننا نوع بالغ الحداثة من وجهة النظر التطورية، ويثبت فى النهاية أننا كنوع لدينا صلة قرابة وثيقة بين الواحد منا والآخر، ولقد اكتشفنا مثلا أن الاختلاف بين أى فردين من الشمبانزى يُختاران عشوائيا يكون أكبر بما يقرب من أربعة أمثال من الاختلاف بين أى فردين من البشر يُنتخبان عشوائيا .

يختلف دنا عند أحد الأفراد من البشر عن الآخر بمقدار ١,٠ فى المائة ، وهذا الاختلاف كان موجودا حتى عندما كنا جميعا من الأفريقيين السود ، منذ ما يقرب من

١٠٠٠٠٠ سنة ، ولم يكن هناك وقتها فوق كوكبنا إلا ما يقرب من ١٠٠٠٠ إنسان، وهذا التباين بين أفراد البشر الذى وُجد من وقتها فى الماضى لم يزد بعدها مطلقا.

> كلمة العرق كما تستخدم فى الولايات المتحدة هى تركيب اجتماعى وسياسى مستمد من تاريخ أمتنا، وليس للعرق أى أساس علمى . وفيما يُعتقد الآن ، فإن المفهوم البيولوجى للعرق مفهوم يستحيل الدفاع عنه .

عالم البيولوجيا هارولد فريمان

كتب العالم دوجلاس والاس مقالا بليغا حول دنا والتاريخ البشرى يقول فيه: "هناك الآن ما يزيد عن ستة بلايين إنسان فوق هذا الكوكب يتوزعون من الدائرة القطبية حتى تيرا ديل فويجو(*)، وهم يظهرون اختلافات مذهلة فى الملامح الجسدية، تدل على تكيفهم فى البيئات المختلفة".(٥) وهو يقول إن الثورة الجينومية قد منحتنا أدوات جديدة قوية لإعادة بناء التاريخ البشرى . يقول والاس إنه باستخدام دنا الميتوكوندريا (نوع من دنا ينقل المعلومات فحسب عن طريق الخط الأموى) وباستخدام كروموسومات واى (Y) الأبوية، يمكننا الآن أن نعرف بالضبط كيف ومتى هاجرت من أفريقيا مجموعات السكان البشرية المختلفة .

الكثير من دنا الموجود فى خلايانا يُعد "لغوا"

كلمة لغو كلمة فظة تتزايد عدم ملاءمتها لوصف هذا الأمر ، ولكن العلماء فى الحقيقة لا يعرفون بالضبط السبب فى وجود امتدادات طويلة متكررة من دنا فى خلايانا (وهى عادة امتدادات طويلة من حروف الجيمات والسينات) . وبالتالى فإنهم

(*) تيرا ديل فويجو منطقة أقصى طرف جنوبى لأمريكا الجنوبية . (المترجم)

حتى الآن يسمونها "دنا اللغو" . على أنه تظل لدينا حقيقة أن ٩٥ فى المائة من دنا فى كروموسوماتنا لا يتضمن أى جينات مطلقا .

لاريب فى أن بعضا من دنا اللغو هو بقايا من فيروسات دفنت دناها فى دنانا، كما يقول دافيد بالتيمور بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا . وقد شرح لى أن الكثير من الفيروسات تعمل "باستنساخ" دناها داخل دنا الكائنات الحية التى تُعديها - وإن كان يجب أن يكون المصطلح بالفعل هو "بالاستنساخ العكسى" لدناها، وهو يقول إن هذا هو السبب فى أن بعض دنا البشرى يبدو كأنه "بحر من دنا المستنسخ عكسيا" قد ألقى فيه القليل لاغير من الجينات المنتظمة.[٦]

أما جورج ستاماتويانّوبو لوس، الشاب الذى أسس شركة ريجيولوم فى سياتل، فهو يضيف قائلا: إن من المرجح أن دنا اللغو يحوى فى داخله الكثير من المواد التى لها دور تنظيمى، وهو ينادى بأن مجرد تعيين الآلاف الثلاثين من الجينات الموجودة فى الجينوم ليس فيه ما يكفى، ونحن فى حاجة لتوجيه نظرة فاحصة لباقى المواد الموجودة .

> من وجهة النظر الوراثية ، كل البشر أفريقيون ، وهم إما يقطنون فى أفريقيا أو فى منفى حديث .

عالم الأنثروبولوجيا سفانت بآبو

وهو يقول: " أجرى الناس الكثير من الأبحاث للنظر فى الجينات وللعثور على تباينات فى التتابع ، ولكنى أعتقد أن الأمر عموما قد انتهى إلى ما هو أقل كثيراً مما كان الناس يأملون، ويدل هذا على أن الإجابة توجد فى بعض مكان آخر".[٧]

يستخدم مشروع ريجيولوم الاستطلاعى كمبيوترات ذات قوة كبيرة للغربلة خلال دنا اللغو ، على أمل العثور على ما يسميه " مناطق تنظيمية "، ولعل هذه المادة الوراثية يكون فيها عيوب يمكن أن تؤدى إلى أمراض ، كما يقول ستاماتويانّوبولوس.

مشروع ريجيولوم أخذ بالفعل يسترعى انتباه مستثمرين من مستوى مرتفع مثل البليونير بول آلن الذى شارك فى تأسيس ميكروسوفت ، والذى صب ملايين الدولارات فى هذا المشروع .

ما زال من غير الواضح ما إذا كانت مهمة دنا اللغو هى تنظيم وظائف الجينات كما يفترض مشروع ريجيولوم ، أو أن له هدفا آخر سيُعرف فيما بعد .

ملحوظة تثير الاهتمام : الجينوم البشرى فيه نسبة مئوية من دنا اللغو (تزيد عن ٥٠ فى المائة) هى أكبر مما فى معظم الكائنات الحية الأخرى، والدودة المستديرة لديها نسبة من دنا اللغو هى فقط ٧ فى المائة ، ولدى ذبابة الفاكهة نسبة من ٣ بالمائة فقط .

ماذا بقى لنفعله ؟

يقول العلماء إن التحديد النهائى لتتابع الجينوم البشرى ليس هو النهاية، وإنما هو البداية، ومازالت تتبقى قائمة طويلة، وهاك بعض عينات منها :

- أن نحدد بالضبط مواقع كل الجينات ووظائفها .
- أن نكتشف كيف وبأى الوسائل تنظم الجينات غيرها من الجينات .
- أن نكتشف لماذا يتم التعبير عن بعض الجينات فى بعض الخلايا وليس فى غيرها .
- أن نحدد الوظيفة الحقيقة لدنا اللغو .
- أن نكتشف كيف يتناسق التعبير عن الجين مع صنع البروتينات .

- أن نكتشف كيف نصنع التنبؤات عن طريقة طى البروتينات .
- أن نستنتج كيف نتنبأ بطريقة وافية بوظيفة الجين .
- أن نفك شفرة البروتيوم، وأن نكتشف المحتوى الفعلى للبروتين ووظيفته.
- أن نتوصل لتنبؤات عن الاستهداف للمرض باستخدام ما يوجد بين البشر من تباينات لدنا فى قاعدة واحدة (تعدد الأشكال فى نيوكليوتيد واحد) .

قد ظهرنا متأخرين على شجرة العائلة: متأخرين حقا، ثم حقا.

يعنى كل ما يوجد من التطابق الوراثى الجزئى بين الفئران والإنسان وما لا يحصى من أشكال الحياة الأخرى ، أننا جميعا لنا سلف واحد مشترك، يقول العلماء إنه يحتمل أن يكون جزيئا واحدا من دنا أو رنا .

عندما نحسب مقدار التطابق الوراثى الجزئى بين أشكال الحياة ، فإن هذا يخبرنا عن مدى قرابتنا بكائن معين آخر موجود فى شجرة العائلة – وكلما زادت أوجه التماثل الوراثية ، زادت صلة القرابة بين الاثنين، ولكن هذا يعنى أيضا أننا يمكننا أن نعرف على وجه التقريب متى تشعب البشر بعيدا عن أنواع الحيوانات الأخرى فى الدنيا، وعلى سبيل المثال، يعتقد العلماء أن البشر تفرعوا من سلف مشترك أو مجموعة من الأسلاف المشتركة منذ فترة تتراوح من ١٥٠٠٠٠ إلى ٢٠٠٠٠٠ سنة، ومن المحتمل أننا تفرعنا من الخميرة منذ حوالى بليون سنة. [٨]

الذكور يحملون معظم الطفرات

يصل معدل الطفر عند الذكور إلى الضعف تقريبا من معدله عند الإناث، ويعنى هذا أن النصف الذكرى من نوعنا مسئول فيما يحتمل عن معظم الطفرات التى تسبب المرض ، لكنه مسئول أيضا عن معظم التحسينات المتعلقة بالطفر .

يبدو هذا معقولا عند التبصر لاحقا فيما مضى، فكلما زاد عدد انقسامات الخلية، زادت فرصة الأخطاء، وهناك تتابعات وراثية معينة هى لاغير مما قد لايحدث نسخه على نحو صحيح . حتى تُصنع خلية منوية فى رجل عمره ثلاثين سنة ، يتطلب ذلك عددا من انقسامات الخلية يبلغ ما يقرب من ٤٠٠ ، وذلك لأن الرجل يكوّن المنى طول فترة حياته، وهذا يفسر السبب فى أن الرجال الأكبر سنا ، الذين لديهم منى أكبر سنا مر حتى فى طفرات أكثر ، ينجبون عددا أكبر من الأطفال الذين لديهم عيب وراثى عند الولادة . أما بويضة المرأة ، فهى تتطلب فقط ما يقرب من عشرين انقسام للخلية ، وهذه البويضات تكتمل وتنتظم فى جانب وذلك حتى قبل أن تولد الأنثى. (على أن هناك دراسة نُشرت فى" نيتشر" فى مارس ٢٠٠٤ تطــرح أن إناث الثدييات يستطعــن فيما يحتمل إحلال البويضات التالفة بعد الولادة) .

الجين الواحد يشفر لأكثر من بروتين واحد

أحد أقدم المأثورات فى البيولوجيا – التى ربما يتذكرها القارئ من المدرسة الثانوية – القول بأن كل جين واحد يوفر شفرة تخبر الخلية بطريقة بناء بروتين واحد. هذا ليس حقيقيا، وقد بدأنا الآن نفهم أن الجين الواحد قد يحوى معادلة لبناء بروتينات عديدة ، ويعتمد الأمر على موضع الجسم الذى توجد فيه الخلية التى تؤوى الجين .

يقول إريك لاندر، بمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (ممت) ، "ثبت أن الجين يصنع رسالة ، ولكن الرسالة يمكن أن تتركب بطرائق مختلفة، وهكذا فإن أحد الجينات قد يصنع ثلاثة أو أربعة بروتينات ، ثم يمكن أن يحدث تعديل لهذا البروتين"[٩].

وإذن ، فلدينا كما يقول العلماء ٣٠٠٠٠ من الجينات فى جسمنا ، إلا أن فيه ٥٠٠٠٠ أو أكثر من البروتينات، ولعل هناك ملايين من البروتينات ، لو اعتبرنا كل

ما يمكن أن يحدث من التعديلات الدقيقة الصغر، وربما يفسر هذا السبب فى أن البشر وحدهم لديهم عدد جينات لا يزيد إلا قليلا عن الذباب، بل وحتى أقل من بعض الحيوانات الأخرى، والاختلاف فى التركّب قد لا يكون كامنا فى الجينات، وقد يكون الأمر كله فى البروتينات .

الجين البشرى النمطى يعرف كيف يصنع عددا من البروتينات يصل إلى ضعف ما تستطيعه جينات ذبابة الفاكهة ، كما أن البروتينات نفسها هى أيضا أكثر تعقيدا .

الجينوم مُكتَّل

لدى معظم الناس صورة عن الجينات تنتظم فيها الجينات كنقط على طول الكروموسومات ، كأنها نوع من علامات الطرق الرئيسية، والأمر ليس هكذا . تقع الجينات فى تكتلات ، تقسمها فى بعض الحالات مناطق واسعة من امتدادات تكرارية. فى وسعك أن تنظر بطول تتابع من مليونين اثنين من الحروف ولا ترى فى المشهد أى جين .

أكثر الكروموسومات ازدحاما هو الكروموسوم (١) ، ففيه جينات أكثر من أى كروموسوم آخر : إجماليها ٢٩٦٨، أما أكثر الكروموسومات جدبا فهو كروموسوم "واى" الذكرى ، فهو لا يحمل إلا ٢٣١ من الجينات .

> أنت فى الحقيقة لا تستطيع أن تنشىء أحجية دون أن تعرف أجزاءها، والتوصل إلى تحديد تتابع الجينوم البشرى لم يكن مجرد خطوة ، وإنما هو قفزة ، وقفزة هائلة، لاشك فى هذا، ولكنه يثير المزيد من المئات والمئات من الأسئلة .

عالم الوراثة مارك هيوز

الحجم ليس مهما

توصل الباحثون إلى استنتاج أن حجم الجينوم ليس مهما، فعندما نرقى فى التدريج إلى أعلى من الكائنات وحيدة الخلية ، سنجد أن ما يزداد هو عدد جينات التحكم.

وبكلمات أخرى هناك جينات تؤدى الشغل الحقيقى وجينات تتحكم فيما تؤديه تلك الجينات، وهناك جينات تتحكم فى الجينات التى تتحكم فيما تؤديه الجينات الأخرى .

عندما نقارن البشر بالفئران مثلا ، سنجد أن ليس هناك جينات بشرية جديدة بعدد الوظائف البشرية الجديدة، ويفسر هذا بسهولة التشابهات الهائلة بين دنا الفئران والبشر، الذى يستجد هو تباين جينات التحكم وتعقدها .

ما زال العمل فى بدايته

يقول مارك هيوز ، الذى يعمل فى معهد وراثيات التكوين فى ديترويت ، "أنت فى الحقيقة لا تستطيع أن تنشىء أحجية دون أن تعرف أجزاءها، والتوصل إلى تحديد تتابعات الجينوم البشرى لم يكن مجرد خطوة، وإنما هو قفزة ، وقفزة هائلة ، لا شك فى هذا، ولكنه يثير المزيد من المئات والمئات من الأسئلة " .

يعمل إريك لاند بمعهد هوايتهد التابع لمعهد (ممت) ، وهو يعزز على نطاق كبير من هذه الاستعارة المجازية السابقة فيقول : "إنه أساسا قائمة بالأجزاء ، مجرد قائمة بالأجزاء . لو أخذنا إحدى الطائرات ، كطائرة "البوينج ٧٧٧" ، أعتقد أننا سنجد فيها ما يماثل ١٠٠٠٠٠ جزء . لو أنى أعطيتك قائمة بأجزاء البوينج ٧٧٧ ، فإنك بمعنى ما ستعرف الكثير؛ ستعرف المائة ألف من عناصر التكوين التى يجب أن تكون موجودة ، مسامير وأسلاك وألواح للدفة وما إلى ذلك من أشياء، ومن الناحية الأخرى فإنك لن تعرف طريقة تجميعها معا، كما أراهن على أنك لن تعرف طريقة طيرانها" .

اكتشاف التتابع أمر بعيد تماما عن فهم ما تؤديه بالفعل الجينات المفردة والبروتينات التى تكوّنها الجينات، بل إن العلماء لا يفهمون حتى الطريقة التى تنطوى بها البروتينات ، ناهيك عن معرفة مكان وزمن فعل ذلك، وكما بين فنتر سيليرا فان ، "أكبر خطر هو المبالغة فى الوعود، وتكرر أن حدث ذلك كثيرا المرة تلو الأخرى كلما تكون هناك خطوة تقدم علمية أساسية هكذا".

على أنه فى حين أن هناك الكثير من التهويل الإعلامى حول شركات الأدوية وقدرتها على أن تخلق بسرعة أدوية تتأسس على المعرفة الجديدة بتتابعات الجينوم البشرى ، إلا أن فنتر يقول: "هناك أمر واحد واضح جداً، سبق أن أمضيت عشر سنوات وأنا أحاول العثور على جين واحد، ويمكن الآن إنجاز ذلك فى خمس عشرة ثانية من البحث بالكمبيوتر على موقعنا فى ويب ، وهناك آلاف من العلماء (يفعلون) ذلك حاليا ، فيوفرون بهذه الثوانى الخمس عشرة عشر سنوات من البحث".(١٠)

> دعنا نفكر فى الأمر بهذه الطريقة . إتاحة هذه المعلومات على الإنترنت لأى عالم لديه فكرة جيدة بهذا الصدد ... سيسمح بتمكين كل العقول فوق كوكبنا من أن تعمل معا لمحاولة فهم ما يخبرنا به هذا الكتاب ، أن نتحرك فى تلك الأوجه من التقدم الطبى التى نحلم بها جميعا ونستحقها .

العالم فرنسيس كولنز

الحقيقة أن كل التتابعات أصبحت متاحة ليبحث عنها أى فرد على الإنترنت ويستفيد منها ، وهذا يعنى أن أوجه التقدم فى الجينوميات ستتأتى بمعدل أسرع مما كان يمكن دون هذا . يقول فرنسيس، كولنز، مدير المعهد القومى لأبحاث الجينوم البشرى ، "دعنا نفكر فى الأمر بهذه الطريقة، وإتاحة هذه المعلومات على الإنترنت لأى

عالم لديه فكرة جيدة بهذا الصدد ... سيسمح بتمكين كل العقول فوق كوكبنا من أن تعمل معا لمحاولة فهم ما يخبرنا به هذا الكتاب ، وأن نتحرك فى تلك الأوجه من التقدم الطبى التى نحلم بها جميعا ونستحقها".(١١)

أو كما يعلق إريك لاندر، العالم بمعهد (ممت) قائلا ، مع أن قائمة الأجزاء لن تكون كافية لمعرفة طريقة طيران طائرة بوينج ٧٧٧ ، ولكن ، "لاشك أن المرء يكون مجنونا لو أنه لم يبدأ بهذه القائمة للأجزاء".(١٢)

هناك على الأقل عشر استعارات مجاز عن تتابعات الجينوم البشرى وما يكون معناها الحقيقى ، إلا أن هناك شيئا واحدا أكيدا، وهو فك الشفرة نهائيا للجينوم البشرى فى أبريل ٢٠٠٣ لم يكن فيه نهاية لأى شىء، بل إنه فقط البداية.

ما لدينا من حقائق

الحقيقة (١) : أول حرف فى كتاب الحياة هو (ج)؛ أى أن قاعدة الجوانين (ج) هى أول قاعدة على كروموسوم (١) .

الحقيقة (٢) : أكثر الكروموسومات ازدحاما هو كروموسوم (١) ، وفيه ٢٩٦٨ من الجينات، وأقل الكروموسومات ازدحاما هو كروموسوم واى ، وفيه نقط ٢٣١ من الجينات .

الحقيقة (٣) : معظم الجينات يبلغ طولها ٣٠٠٠ قاعدة، وأكبر جين بشرى - جين الديستروفين - يبلغ طوله حوالى ٢,٤ مليون قاعدة وهو على كروموسوم إكس (X)، والديستروفين هو أحد البروتينات المفتاح المطلوبة لبناء نسيج عضلى قوى؛ فإذا وُلد صبى بطفرة فى هذا الجين ينتهى به الأمر بالمعاناة من مرض اسمه حثل دوشين

العضلى(*)، والبنات اللاتى يرثن الطفرة يحملن جين المرض فقط ، ولكنهن لا يعانين من المرض؛ لأنهن يرثن من آبائهن كروموسوم إكس إضافى سليم .

الحقيقة (٤) : لا يزال العلماء لا يعرفون ما يفعله ما يزيد عن ٥٠ فى المائة من الجينات .

(*) حثل دبوشين العضلى مرض وراثى يؤدى إلى ضعف شديد فى عضلات الصبية المصابين ويزداد انتشارا بالعمر، ونتيجة لضعف عضلات الصدر يضعف التنفس ، وتتكرر إصابة المريض بالالتهاب الرئوى الذى يقضى عادة على المريض فى العقد الثالث . (المترجم)

الفصل الرابع

ملفات دنا

كان لفكرة تحديد بصمة دنا فى الجرائم وقع شديد فى أول الأمر على الوعى الجماهيرى فى ١٩٩٥ ، وذلك فى أثناء محاكمة أ. ج سيمبسون(*) وكانت محاكمة سيئة السمعة .

ظهر مصطلح دنا فى سجلات المحاكمة ما يقرب من ١٠٠٠٠ مرة، بل إن خبيرا للادعاء زعم أنه فيما يتعلق بنقطة الدم التى عثر عليها على حذاء سيمبسون فإن الاحتمالات بأنها تنتمى لأى شخص آخر غير نيكول براون زوجته المقتولة تبلغ نسبة الواحد إلى الواحد والعشرين بليون .

وعلى الرغم من الأدلة العلمية الساحقة التى طُرحت للعيان ، فإن سيمبسون نال البراءة، ونجح فريق الدفاع عنه فى إثارة الشك فى سلامة عينات دنا ، بل وطرح حتى أن الدم كان "مدسوسا" .

قال لى بيتر نيوفلد، أحد كبار المحامين فى "الفريق الخيالى" فى براعته الذى دافع عن سيمبسون، إن الدفاع لم يحاول قط أن يحاج بأن اختبار دنا غير موثوق به ، وإنما حاج فقط بأن الشرطة تعاملت مع دليل دنا تعاملا أخرقا، "والنتائج لا تكون صالحة إلا بقدر سلامة دليل دنا قبل وصوله إلى المعمل"، وحاج نيوفلد وفريقه فى المحكمة بأنه ما دامت إدارة الشرطة قد أقرت بإساءة تداول دليل الدماء ، فكيف يمكن لأى عضو من المحلفين أن يثق فى القضية؟

ويقول نيوفلد: " كان خط الخلاص من المأزق هو أن المعامل الجنائية فى كل أنحاء الولايات المتحدة لم تكن تريد أن تبدو بما بدت عليه المعامل الجنائية لشرطة لوس

(*) و. ج. سيمبسون لاعب زنجى أمريكى مشهور فى لعبة البيسول اتهم بقتل زوجته ، وعلى الرغم من وجود قرائن على ذلك، فإن المحلفين برأوه ، وعلق البعض بأنه نال البراءة بسبب تضامن الزنوج عنصريا وبراعة كبار المحامين . (المترجم)

أنجلوس ، التى بدت كأنها حفنة من الحمقى المتخبطين، وبالتالى حاولت المعامل الأخرى أن تحافظ على نظافة سمعتها .

على أن تحديد بصمة دنا أصبح بعد ١٩٩٥ أسهل كثيرا وأصبح المحلفون الآن يفهمونه فهما أفضل، وكانت المعامل الجنائية فى أحد الأوقات تحتاج إلى أن يتخلف فى مكان الجريمة عينة كبيرة نوعا من دنا من الدم ، أو المنى ، أو اللعاب . وكان من السهل أن تتلوث هذه العينة ، كما أن اختبارها يمكن أحيانا أن يستغرق أسابيع . أما الآن فلا نحتاج إلا إلى خلايا معدودة يُجرى عليها الاختبار ، والخروج بالنتائج يُنفق فيه فحسب ما يقرب من خمسين دولار وساعتين اثنين .

أنشأ نيوفلد هو وبارى تشيك ، وكان أيضا من بين محامى سيمبسون ، "مشروع البراءة " ، وذلك فى مسعى تأسس فى مدرسة بنيامين ن. كاردوزو للقانون بجامعة يشيفا فى مدينة نيويورك، ويقوم المشروع بمهمة لا تهدف إلى الربح تهدف إلى مساعدة المساجين الذين أدينوا خطأ على إثبات براءتهم عن طريق اختبارات دنا.

أنا سعيد للغاية . فى هذا ما يخبر العالم بأنى برىء.

ليرك بلودوورث، السجين السابق، بعد أن ساعد اختبار دنا على تبرئته من تهم الاغتصاب والقتل .

يقول نيوفلد: " أدركنا بما يرجع وراء إلى ١٩٨٩ أنه (أى دليل دنا) تكنولوجيا أقوى كثيرا من كل ما استخدموه طول ثلاثين سنة، وكان لدينا دائما شعور بأن تعّرف شاهد العيان وما أشبه بذلك، هى أدلة لا يعول عليها بشدة".

قرر نيوفلد وتشيك أن ينطلقا وراء ليتفحصا الأمور بنفسيهما ، فأعادا فحص الإدانات ليريا إن كانت الشرطة قد توصلت فيها حقا إلى المجرم الحقيقى، وكان كيرك بلودووث صياد سمك فى ماريلاند ، وقد أصبح فى ١٩٩٣ أول شخص فى الولايات

المتحدة يُدان فى قضية عقوبتها الإعدام ثم تتم تبرئته من خلال اختبار دنا، وأدى الاختبار إلى استبعاده كمصدر لبقع المنى التى على سروال الفتاة ، ودلل الاختبار على أن أحد معارفه فى السجن هو المغتصب والقاتل الحقيقى، وقضى بلودورث تسع سنوات فى السجن (اثنين منهما فى عنبر الإعدام) قبل أن يحكم أحد قضاة ماريلاند بإطلاق سراحه، وأصدر حاكم ماريلاند فيما بعد عفوا عنه(١). مع كتابة هذا ، كان "مشروع البراءة قد توصل إلى المساعدة على تبرئة ١٤٤ من المساجين ، سبق لما يزيد عن اثنى عشر فرداً منهم أن وُضعوا فى زنازين عنبر الإعدام، وهناك المزيد من مئات الأفراد الذين ينتظرون فى سجونهم أن يتم اختبارهم، وساعد المشروع أيضا على ميلاد ما يسميه نيوفلد بأنه " حركة قومية للحقوق المدنية " ، وهى شبكة من خمسة وعشرين مشروعا للبراءة فى مدارس القانون والجامعات فى أرجاء البلاد .

حسب مشروع البراءة ، فإنه من بين كل سبعة أفراد يُحكم عليهم بالإعدام فى الولايات المتحدة ، يُطلق سراح واحد منهم لثبوت براءته، وبصمة دنا هى المعيار الذهبى الذى يُستخدم لإثبات هذه البراءة .

المعيار الذهبى

يستطيع الفنيون باستخدام تكنيكات تحديد تتابعات دنا أن يعينوا مجموعة من "الواسمات" تختلف من شخص إلى آخر ، فيما عدا التوائم المتطابقة.

عالم الوراثة البريطانى سير أليك جفريز هو الذى وقع على هذا التقدم فى التعرف على هوية الناس عن طريق توقيع فريد لدنا نسميه الآن "بصمة" دنا، واستخدمت سكوتلانديارد هذا التكنيك خلال سنة ، ليس فحسب لتبرئة شخص اتُهم بقتل فتاتين ، وإنما للعثور أيضا على الشخص المذنب .

قال جفريز فى خطبة ألقاها بمناسبة تلقيه جائزة أستراليا لعام ١٩٩٨ ، إنه يتذكر بالضبط لحظة صيحة "وجدتها" التى اكتشف فيها وسيلة للتعرف على هوية أفراد البشر باستخدام دناهم، وكان ذلك فى الساعة التاسعة صباحا فى الخامس عشر من سبتمبر ، ١٩٨٤ .

وهو يقول: " فكرت قائلا يا إلهى ، ماذا لدينا هنا ؟ كان الأمر جليا بما يبهر العين ، ويضيف أنه وفريقه فى جامعة ليستر كانوا يبحثون عن واسمات وراثية لأداء تحاليل وراثية أساسية جدا . "وأدركنا أننا قد وقعنا على طريقة لإثبات هوية الإنسان وراثيا، وبحلول عصر ذلك اليوم كنا قد أسمينا اكتشافنا بأنه بصمة دنا".[٢]

وبإيجاز مبسط ، كان جفريز وفريقه يدرسون جين بروتين الميوجلوبين(*) ، وهو بروتين له علاقة قرابة وثيقة بالهيموجلوبين، إلا أن العلماء لاحظوا أن جزءا كبيرا من الجين لا يشفر مطلقا للبروتين بأى صورة مباشرة، وبدلا من ذلك فإن فيه "تأتأت" ، مواضع على الجينوم حيث تتكرر قواعد معينة من عشر إلى خمسين مرة ، المرة تلو الأخرى، ودعنا نستعير تمثيلا بالقياس كثيرا ما يستخدم فى الكتب الدراسية للبيولوجيا ، لو فكرنا فى الجين وكأنه يقول: " لدى مارى حمل صغير" فسنلاحظ فى بعض الحالات أن الجملة تُقرأ " لدى مارى ى ى ى ى ى ى ى ى ى ى ى ى ى ى ى ى ى ى حمل صغير" .

ما فى الداخل والخارج من تفاعل البوليميريز المتسلسل.

عندما نتابع علوم دنا سنلتقى فى النهاية بمصطلح "بى سى آر PCR"، وترمز هذه المخصورة إلى الحروف الأولى من الكلمات الإنجليزية التى تعنى تفاعل البوليمبرز

(*) الميوجلوبين بروتين فى نسيج العضلات يختزن الأكسجين وتركيبه قريب من تركيب الهيموجلوبين الموجود فى صبغة كرات الدم الحمراء . (المترجم)

المتسلسل ، وهذه طريقة رائعة لوصف طريقة بسيطة لصنع نسخ كثيرة من عينة دنا . وبهذه الطريقة يتمكن الباحث من أن يأخذ عينة صغيرة بما لا يصدق من المادة الوراثية - كأن تكون مثلا نقطتين من اللعاب من ظهر طابع بريد أو سماعة التليفون - ويصنع منها نسخا بحيث يكون هناك مادة بالقدر الكافى لاختبارها.

يتم هذا بعملية بسيطة أنشأها كارى موليس الذى كان فيما سبق لاعبا فى رياضة ركوب الأمواج وأصبح الآن أحد الفائزين بجائزة نوبل، والعملية أساسا هى أن نأخذ عينة من دنا - نحتاج فقط لما مقداره خليتين اثنتين - ونضعها فى ماكينة البى سى أر ، ونغلق غطاء الماكينة ، ونتركها لتؤدى عملها، وتعمل ماكينة البى سى أر باستغلال حقيقة محورية فى علم دنا - وهى أن قواعد (أ) تجذب قواعد (ث) وقواعد (ج) تجذب قواعد (س) .

تقوم منظومة الماكينة بتسخين العينة بحيث ينفصل الخيطان الموجودان فى جزئ دنا أحدهما عن الآخر، ثم تبردهما الماكينة - وهذا يعطى لكل خيط الوقت الكافى ليبنى الخيط المكمل له، وسيكون لدينا الآن أربعة خيوط بعد أن كان لدينا اثنان فقط . وتتكرر الدورة المرة بعد الأخرى ، حتى يصبح لدى الفنيين أعداد لاحصر لها من خيوط دنا بعد أن كان لديهم قلة منها ، وكل خيط يتطابق مع ما كان فى الجزئ الأصلى الذى بدأ منه، وهناك مادة كيميائية تساعد خيوط دنا المنقسمة على إيجاد شركائها ، وهى نوع من الإنزيمات اسمه البوليميريز، ويعمل البوليميريز كمقص يقسم خيطى دنا المزدوجين إلى خيطين منفصلين، وتحصل ماكينة البى سى آر على مادة البوليميريز من نوع من بكتريا تعيش فى الينابيع الساخنة - وبالتالى فإنها تستطيع أن تبقى حية عند درجات الحرارة القريبة من الغليان التى نحتاج لها لشق خيطى دنا متباعدين .

بعد أن أنشأ موليس النظرية التى تكمن وراء عملية البى سى آر لاحظ ما يلى: فى وسعى هكذا أن أصنع تتابعات دنا بالقدر الذى أشاء ، وأستطيع أن أصنع ذلك

على شظية من حجم معين يمكننى تمييزه بسهولة، وظننت على نحو ما أن هذا الأمر يلزم أن يكون مجرد وهم . وإلا ، فإنه سيؤدى إلى تغيير كيمياء دنا إلى الأبد، وسيجعلنى مشهورا . هذا شىء بالغ السهولة، ولابد أن هناك شخصا آخر سيفعل هذا ومن المؤكد أنى كنت سأسمع بذلك، وسوف نواصل الأمر هكذا طول الوقت. ما الذى أخفق فى رؤيته؟"(٣)

أخذ جفريز وفريقه يتفحصون الأمر ببعض من التدقيق أكثر ، ولاحظوا شيئا مثيرا وهو أن وما يحدث هو أن التتابع نفسه من المتكررات - والذى أسموه "المنطقة الفائقة التغاير" - لا يقتصر على أن يظهر فحسب حول جين الميوجلوبين على كروموسوم ٢٢، وإنما هو يظهر فى كل مكان، وعندما طبعوا الأنماط لأماكن ظهور هذه المتكرارات، ثبت فى النهاية أن هناك اختلافا خارقا للمعتاد بين عدد مرات ظهور هذه المناطق الفائقة التغاير ومكان ظهورها من فرد للآخر .

بحلول عصر يوم ١٥ سبتمبر كان أفراد الفريق كما يقول جفريز: يخزون أطراف أصابعهم هم أنفسهم ليروا إن كانوا يستطيعون خلق " دليل" لتحديد هويتهم من قطرات الدم التى بسطت على فوط الورق والزجاج، ونجحت الطريقة ، وكما يقول جفريز : "كانت هذه حالة كلاسيكية ينشأ فيها عن العلم الأساسى تكنولوجيا يمكن تطبيقها على إحدى المشكلات بطريقة غير متوقعة" .

يضيف جفريز قائلا: " تأتى نصف الشرائط فى دنا بصمة الطفل من أمه والنصف الآخر من أبيه"، وعند اختبار الوالدين نأخذ النمط الشريطى للطفل والنمط الشريطى للأم وللأب المزعوم، والشرائط على دنا بصمة الطفل التى ليست من الأم لابد وأن تكون موروثة من الأب الحقيقى، ولا يوجد أى فردين اثنين لديهما بصمة دنا نفسها، إلا التوائم المتطابقة " .

ليس لدى خلفية علمية، وشريكى بارى تشيك ليس لديه خلفية علمية، والحقيقة أننا مثل الكثيرين من المحامين الآخرين ، كان ما دفعنا إلى مدرسة القانون فى المقام الأول هو ما لدينا من صعوبة فى فهم الكيمياء، ولكن ما يحدث هو أنك تجد لديك عميلا أصبحت حياته وحريته عرضة للمخاطر ، فيجبرك هذا على أن تتعلم فروعا معينة للمعرفة .

بيتر نيوفلد المؤسس المشارك لمشروع البراءة ، ندوة فى بيركلى بجامعة كاليفورنيا بعنوان أحاديث مع التاريخ ٢٧ أبريل٢٠٠١

أدى اكتشاف جفريز إلى أن رسخ وضعه كأحد رواد البيولوجيا، وأخبرنى جيمس واطسون أحد المشاركين فى اكتشاف اللولب المزدوج لدنا أنه يعتبر أن بحث جفريز هو أهم نتيجة حتى الآن لتكنولوجيا دنا، وعندما يكون الحديث عن أناس (أبرياء) فى زنازين عنبر الإعدام ، حسن ، يكون هذا الحديث بالمعنى الحرفى حديثا عن إنقاذ الأرواح .

ما الذى يمكن أن يكون أكثر أهمية من ذلك ؟[٤]

إنقاذ الأرواح

أمضى كالفن ويلليز اثنين وعشرين سنة – ما يكاد يكون نصف عمره – داخل السجن لارتكاب جريمة قالت الأدلة بعدها أنه لم يرتكبها .

يقول ويلليز، فى لقاء عبر التليفون مع صحيفة "لوس إنجلوس تايمز" بعد إطلاق سراحه: "أشعر شعوراً هائلاً بصدد خروجى من السجن" ، وكان قد حكم عليه بالسجن المؤيد حكما ليس فيه أى إمكان لتخفيفه بإطلاق سراحه تحت المراقبة .

ويضيف ويلليز ، "ولكنى حتى أكون أمينا ، أحس بخيبة أمل فى النظام - الظلم من احتجازى هنا كل هذا الوقت، وأنا لست الوحيد الذى عانى هكذا" .(٥)

أُدين ويلليز فى ١٩٨١ بتهمة اغتصاب فتاة فى العاشرة من عمرها فى شريفبورت بولاية لويزيانا، وظل ينادى باستمرار بأنه برىء، وأدان قضاء الولاية ويلليز بعد إجراء اختبار توافق للدم على سراويل رياضية وجدت فى مسرح الجريم مع فصيلة دم ويلليز، وهى فصيلة شائعة، إلا أن باحثى دنا اختبروا الدم ثانية فى ٢٠٠٣ واكتشفوا أن دنا الذكورى الذى وُجد على السراويل هو بوجه قاطع لا يتوافق مع دنا ويلليز .

أصبح ويلليز فى ٢٠٠٣ السجين رقم ١٢٨ بين من كانوا فى عنبر الإعدام بالولايات المتحدة، وتمت تبرئتهم باختبار دنا .

تقول جانيت رينو وزيرة العدل سابقا بالولايات المتحدة فى أثناء إدارة الرئيس بيل كلينتون: "يساعد دنا فى البحث عن الحقيقة بأن يثبت براءة؛ لأن الأبرياء نظام القضاء الجنائى ليس معصوما".(٦)

بل وحتى تشيك ونيوفلد اللذان قاما بتمثيل ما يقرب من ٧٥ فى المائة من المبرئين، وقد أصابتهما الدهشة من كثرة عدد السجناء الذين ثبتت فى النهاية براءتهم.

يقول نيوفلد: "هذا بلا ريب مضاد للبديهة، وتوضح قضايا التبرئة بدنا فشل نظام القضاء الجنائى، والكثيرون من هؤلاء الأفراد تم التعرف عليهم بمعلومات وشاية من داخل السجن ، أو مقارنات للشَّعر ، أو مقارنات لأثر عضة ، أو بلاغات مرشدين، أو خطأ فى التعرف على المتهم، وكنت أتصور كمحام عن الجمهور أنه إذا وقَّع عميلى على اعتراف فإن هذا يؤدى إلى إنهاء القضية أساسا .

هناك كثرة بالغة من هذه القضايا تُعد حرفيا نوعا من الحروب.

بارى تشيك ، مؤسس مشارك فى مشروع البراءة، فى لقاء برنامج مواجهة بشبكة بى بى إس التليفزيونية ، ٣١ أكتوبر ، ٢٠٠٠

"إلا أننا نرى أن هؤلاء الناس أحيانا ينهارون لاغير، ويقال لهم أن عليهم فقط إن يعترفوا ، وسوف نعاملكم بطريقة أكثر رفقا، أو أنهم لديهم ضعف عقلى، وعلى أننا نعرف الآن من خلال المعيار الذهبى لاختبار دنا ، أن الكثيرين من هؤلاء الناس يعترفون بجرائم لم يرتكبوها .

"القضية ليست فى أنه كان هناك محاكمة غير عادلة أو خطأ غامض فى الإجراءات القانونية؛ فالناس الذين برأهم اختبار بصمة دنا بريئون بالفعل - وهم لم يرتكبوا الجرائم التى سجنوا بسببها ، بل وحكم عليهم حتى بالإعدام بسببها" .

ويقول نيوفلد ، " هذا فشل لنظام القضاء الجنائى بأسره، على أن الأمور بدأت تختلف".[٧]

كيف يعمل اختبار دنا

هناك تكنولوجيات كثيرة لأخذ بصمة دنا ، إلا أن أكثر طريقتين دقيقتين وشائعتين فى استخدامهما هما ما يسميان طريقة "رفلب RFLP" وطريقة "بى سى أر".

رفلب هى مخصورة الكلمات الإنجليزية التى تعنى تعدد طول شظية التحديد - وهى الأكثر دقة، وهى أيضًا أصعب الاختبارات فى الأداء وأغلاها تكلفة، وسبب ذلك أن الاختبار يحتاج إلى كمية كبيرة نوعا من الدم ، أو المنى ، أو الجلد، ويكون من السهل إلى حد بالغ تلوث العينة، واختبار رفلب دقيق إلى درجة واحد فى البليون أو حتى لدرجة أفضل، وبسبب دقته فإن بعض الولايات (وكاليفورنيا إحداها) تسمح فقط بإجراء هذه الطريقة وحدها من اختبار دنا .

طريقة بى سى أر - وهى مخصورة تفاعل البوليميريز المتسلسل - ليست دقيقة هكذا تماما، ولكن حيث إن البى سى أر تعمل كنوع من ماكينة نسخ بيولوجية - حيث نستطيع أن نأخذ خلايا معدودة لا غير ونكبّر هذه العينة ملايين المرات لنحصل على

مادة وافرة للاختبار - فإننا هكذا لا نحتاج لمواد أدلة كثيرة، كما أن الطريقة سريعة . تُعمِل طريقة بى سى آر مفعولها السحرى خلال ساعات قليلة لاغير، فتتيح لخبراء الطب الشرعى إنجاز أدلتهم بين عشية وضحاها .

أبحاث وحجز للمتلكات على نحو غير قانونى؟

تبرئة ساحة الأبرياء هى جانب واحد فقط من بصمة دنا؛ الجانب الآخر هو تكوين قاعدة بيانات لبصمات دنا بواسطة مكتب المباحث الفدرالية، ووزارة الدفاع، ووكالات فرض تنفيذ القانون، وهذا بلا جدال موضوع أكثر إثارة للخلاف .

يواصل مكتب المباحث الفدرالية جمع عينات دنا من أجل ما أنشأه من "المنظومة المشتركة لفهرس دنا "؛ حيث تُجمع العينات من أقسام الشرطة فى كل الولايات الخمسين، وتجمع الآن وزارة الدفاع عينات دنا من كل فرد فى الخدمة العسكرية، وثمة تحرك يجرى التقدم فيه بين وكالات فرض تنفيذ القانون لأخذ عينات دنا من كل شخص يُقبض عليه ، وليس فقط ممن يدانون فى جرائم، وشرطة لويزيانا تمارس ذلك بالفعل .

يشعر الكثيرون بالقلق من أنه عند أخذ عينات دنا ، وهو أخص ما يمتلكه أى شخص ، فإن القانون هكذا يدخل فى منطقة انتهاك عنيف للتعديلات الدستورية.

> هذا إخفاق كامل للنظام، ونحن لا نتحدث هنا عن ... بعض أمور من عمليات إجرائية يُطلب أداؤها ، ولا عن بعض أمور من الجور فى طريقة إجراء المحاكمة، وإنما نحن نتحدث عن أناس هم أبرياء بالفعل، ويجب أن يستلزم ذلك احترامنا وانتباهنا، ويثير قلقنا بأكثر مما فى أى نوع آخر من الحالات.

بارى تشيك المؤسس المشارك لمشروع البراءة ، ٢٠٠٠

يعمل فيليب بيريانو أستاذا للتكنولوجيا والسياسة العامة فى جامعة واشنطن، وهو عضو لا مثيل لصراحته فى "مجلس الوراثيات المسئولة" ، وقد أخبرنى أنه يجد أن هذا أمر مزعج كل الإزعاج . "أنا أسمّى هذا أبحاثا غير قانونية وحجزا غير قانونى للممتلكات ، إنه انتهاك للتعديل الدستورى الرابع".(٨)

أما بنجامين كين المحامى الأهلى فى بوسطن فقد ذهب بالقضية إلى جمهور التليفزيون الأمريكى فى برنامج "ساعة الأخبار" بشبكة تليفزيون "بى بى إس"، و"ما تقوله الدولة بالفعل هو أننا قد نكون خطيرين فى المستقبل، لأننا كنا خطيرين فى الماضى ، وبالتالى فإن من اللازم أن يُسجل دنانا، وهذه طريقة تختلف اختلافا أساسيا عن الطريقة التى سُمح للدولة أن تعامل بها مواطنيها حتى وقتنا هذا " .

ثم يقول كين: " إذا سادت هذه النظرية ، فسيكون من الممكن تطبيقها على أى عدد من الطبقات المحتملة أو فروع الطبقات المحتملة فى مجتمعنا ، حيث يمكن أن تقام الحجة بأن هذه الطبقة الفرعية فيها حتما خطر من أنها سترتكب جرائم فى المستقبل . إذا كنا سنأخذ دنا من المساجين؛ لأنهم خطيرون، فلماذا لا نأخذه أيضا من المراهقين ، ومن المشردين بلا بيوت ، ومن القسس الكاثوليك ، ومن أى جماعة فرعية فى المجتمع يكون بعض فرد قد أمكنه أن يقيم الحجة إحصائيا بأن هناك احتمال خطر من أنها (سترتكب جرائم) ؟"(٩)

أما بالنسبة إلى وكالات فرض تنفيذ القانون التى تزعم أن جمع عينات دنا ضرورى من أجل التوصل لحل للجريمة ، فإن بيريانو له رأى صارم فى هذا الصدد: "لا ريب فى أن هناك جرائم يتم حلها باستخدام هذه القواعد للبيانات، ولا يوجد أى نصير للحريات المدنية سيحاج بأن انتهاك الحريات المدنية لا ينتج عنه نتائج مطلوبة اجتماعيا، وعلى أى حال ، إذا سمحنا لرجال الشرطة بأن يقتحموا الأبواب دون إذن تفتيش فسوف يجدون أمورا من كل نوع – أفرادا يبيعون المخدرات ، وأفرادا يضربون زوجاتهم . وسوف يكشفون عن جرائم لا يكشفون عنها الآن ، ولكن هذه ليست القيم

التي سعى وراءها مؤسسو البلد (الولايات المتحدة) . (بنك بيانات دنا) فيه ابتعاد جذري عن التوازن (بين الحقوق المدنية وفرض تنفيذ القانون) الذى سعى المؤسسون وراءه".(١٠)

ألقيت نظرة فاحصة على هذه القضية بواسطة محكمة استئناف الولايات المتحدة للدائرة القضائية التاسعة وذلك فى أكتوبر ٢٠٠٢، فحكمت المحكمة فى قضية "الولايات المتحدة " ضد كينكاد ، بأن توماس كينكاد المفرج عنه تحت المراقبة ليس ملزما بإعطاء عينة دنا التى طلبها بتك معلومات "المنظومة المشتركة لفهرس دنا" بمكتب المباحث الفدرالية ، ويكتب القاضى ستيفن رينهاردت فى حيثيات الحكم، "توصلنا إلى الاستنتاج بأنه من حيث التعديل الدستورى العام الرابع ، فإن أخذ عينة دمه بالإجبار من المفرج عنهم تحت المراقبة أمر يتطلب وجود اشتباه فردى" .

كذلك تكتب كريستين روزين ، الزميلة فى "مركز الأخلاقيات والسياسات العامة" فى واشنطن العاصمة ، فى موقع ويب "للناشيونال ريفيو = مراجعات قومية"، "احتجاج كينكاد ينبغى أن يكون مفيدا على نطاق أوسع كتحذير من تكنولوجيا شاع استخدامها، وتوسعت سريعا ، بما يتسم أحيانا بانعدام المسئولية ، تكنولوجيا لم يستطع بعد أكثر أنصارها حماسا أن يوفروا معها وسائل حاذقة لحماية الخصوصية، أو أن يوفروا معايير متسقة لاستخدامها، فما زال هناك بالنسبة لقضية قواعد بيانات دنا الكثير من الأسئلة بلا إجابة عنها ، والكثير من المخاطر المحتملة " .

تضيف روزين قائلة: "يعتقد معظم الأمريكيين أن دنا الذى يثار أمره فى هذه القضايا شيء يماثل تماما بصمة الأصبع - أى أنه مصدر غير ضار لتحديد الهوية، ولكن دنا يختلف اختلافا أساسيا عن بصمة الأصبع - فهو يكشف عن أمور أكثر كثيرا، وقد أدى هذا إلى لبس فى فهم فوائد ومخاطر دنا وقواعد بيانات دنا؛ دنا الذى يُختزن فى هذه القواعد للبيانات يسمى خطأ بأنه دنا "اللغو"؛ لأنه كما يُفترض لا يكشف إلا عن هوية المرء الوراثية الفريدة ، ولا يكشف عن تفاصيل جينومه، ولكن

دنا اللغو لا تقتصر فائدته ببساطة على أنه محدد فريد للهوية ؛ ففى إمكانه أيضا الكشف عن وجود استهدافات وراثية لحالات مثل مرض السكرى من النوع ا ".[١١]

> أكثر تطبيق مُرضى من تطبيقات تبصراتنا هو اختراع جفريز (لاختبار دنا)، فهو يبرئ أفرادا فى عنبر الإعدام ؛ هذا اختراع فيه إنقاذ للحياة بالمعنى الحرفى لذلك .

جيمس واطسون العالِم المشارك فى اكتشاف اللولب المزدوج ، ٢٠٠٣

وأخيرا فإن هناك قلقا عما إذا كان دنا يحمل إلى ساحة المحاكم "ترخيصا قانونيًا" غير مستحق ، كما يقول تروى دستر الرئيس السابق للجنة "الدلالات الأخلاقية والقانونية والاجتماعية لمشروع الجينوم البشرى"، وقد أخبرنى بأن مجرد العثور على دنا أحد الأفراد فى مسرح الجريمة لا يعنى أنه مذنب، فالناس يخلّفون دنا قرب مسارح الجرائم بمجرد المرور من خلالها .

ويواصل دستر القول بأن الأمر الأكثر إزعاجا هو زيادة استخدام ما يسمى "شبكات صيد دنا" ، الأمر الذى شاع بالفعل فى إنجلترا وأستراليا .

يضيف دستر قائلا: إنهم بعد أن ترتكب جريمة ، يطلبون من كل ذكر فى الجيرة يكون عمره من ١٢ إلى ٥٠ سنة أن يعطى عينة ، ويعدون من يرفضون أفرادا مشتبها فيهم من الدرجة الأولى . وتأخذ الشرطة بعدها فى متابعتهم ، بحثا عن عينات يخلفونها وراءهم ، شعرة فى مشط ، أو قطرة لعاب على فنجان قهوة أو عقب سيجارة، أو بعض ذرات من قشر الرأس على مقعد" .[١٢]

كيف يمكن أن نفسر الحقوق المدنية فى عصر تكنولوجيا دنا ؟ بينما يدور الصراع فى المحاكم حول الدلالات المختلفة ، علينا أن نتوقع سماع المزيد حول هذه القضية طوال الشهور والأعوام القادمة .

بصمة دنا لا تؤدى فحسب إلى تبرئة ساحة الأبرياء ، وأن تشير بعكس ذلك إلى من يحتمل أن يكونوا مشتبها فيهم، وإنما تفيد بصمة دنا أيضا فى حل ألغاز وقضايا عن الأبوة تواصلت لزمن طويل .

هيا ننظر أمر تشارلز لندنبرج، فيعرف معظمنا لندنبرج بصفته أول رجل طار منفردا عبر الأطلسى، وعلى الرغم من أن هناك ثلاثة ألمان يعيشون فى ميونيخ الآن قالوا أنهم يعرفونه باسم آخر هو : كارو كنت، وهم يقولون إنه كان أباهم الكريم، الذى يزورهم مرات عديدة فى كل سنة ويعولهم بتمويلهم بسندات مالية، ولكن قد آن الأوان كما يقولون لتصحيح البيانات الخطأ فى شهادات ميلادهم التى تقول إن "الأب مجهول" ليضعوا مكانها الاسم الذى يعرفه كل الناس تقريبا : تشارلز لندنبرج .

زعم ديرك هيشامير ، وإستريد بوتيل ، ودافيد هيشامير أن تشارلز لندنبرج ظل خلال آخر سبعة عشر عاما من حياته وهو يحافظ على هذا الكيان المزدوج، ويرعى زوجته وأطفاله الأمريكيين ، كما يرعى أيضاً عائلته الألمانية .

ويقول مورجان لندنبرج، حفيد الطيار الشرعى بالزواج فى حديث لوكالة رويتر للأنباء بعد أن أعلن الإخوة الألمان دعواهم ، "إنهم يبدون مألوفين للمرء كشبحه"، وقال إن صور الألمان الثلاثة هى التى دفعته لأن يقدم عينة من دناه لاختبارها.

قال الإخوة الألمان أنهم لايريدون مالا ، وإنما يريدون مجرد الاعتراف بأن لندنبرج هو والدهم، وكما يقول ديرك هيشامير" هذا هو أهم شىء يظل علينا أن نكرره".

عندما نموت ونرحل ، فإن كل ما يتبقى هو قشور، وأنا أومن بأنه لو كانت (أم الفتى بيلى(*)) حية ، فإنها سوف تعلن قائلة "سأعطى بكل سرور عينة من دناى لأنى أريدك أن تثبت أنه ابنى" .

الشريف جارى جريفز ، مقاطعة دى باكا بولاية أريزونا فى دنا الفتى بيلى يشعل الشرارة لحسم نزاع قانونى ، MSNBC.com ، ١٢ نوفمبر ٢٠٠٣ .

وُلد الأخوة الألمان بين ١٩٥٨ و ١٩٦٧، وقد قدموا حزمة من ١١٢ من الخطابات التى زعموا أن لندبرج كتبها بيده إلى أمهم بريجيت، وكان لديهم صور فى أثناء طفولتهم يظهر فيها لندنبرج، لم يدرك الأخوة إلا فى أواخر ثمانينيات القرن العشرين أن (كنت) يمكن أن يكون (لندنبرج). إلا أن أمهم جعلتهم يقسمون على الاحتفاظ بالسر، وجعلتهم يعدون بأنهم سيحافظون على الإبقاء عليه على الأقل حتى تتوفى هى وأن مورو زوجة لندنبرج، فماتت المرأتان معا فى ٢٠٠١، وأجريت اختبارات دنا فى ٢٠٠٣ وأكدت ما كان الأخوة يعتقدونه من قبل : فالثلاثة كلهم من نسل لندنبرج .

ثمانية ألغاز يحلها دنا

أين دفن كولومبوس ؟

منذ موت كريستوفر كولمبوس فى ١٥٠٦ نُقل جثمانه لمرات كثيرة ، ليس هناك من يعرفها على وجه التأكيد، ويختبر الباحثون دنا من جثة شقيقه دييجو لمقارنته بجثمان فى قبر بكاتدرائية إشبيلية يحمل اسمه . (تزعم جمهورية الدومينيكان أيضا أن قبر كولومبوس يقع فيها)، ومن المعروف أن كولومبوس طلب بالفعل أن يدفن فى

(*) الفتى بيلى أحد أبطال الأشقياء الأمريكيين، وقد أُلفت عنه عدة روايات وأفلام سينمائية .(المترجم)

الجزيرة الكاريبية التى تحتلها الآن جمهورية الدومينيكان وهايتى، واعتقد المؤرخون لزمن طويل أن الجثمان قد نقل إلى كوبا فى ١٧٩٥ ، ثم إشبيلية فى ١٨٩٨، إلا أن هناك جرة رماد مصنوعة فى الدومينيكان نُقش عليها اسمه، ويجرى الآن اختبار مجموعتى الرفات معا، بحيث إننا قد نعرف سريعا الإجابة عن هذا السر.

هل كان دى سالفو مرتكب جرائم الخنق فى بوسطن ؟

من المحتمل أنه ليس كذلك، فأجريت فى ديسمبر ٢٠٠١ اختبارات لدنا أدت إلى التشكيك فى اتهامه، وكانت مارى سوليفان التى تبلغ التاسعة عشر هى آخر ضحايا خانق بوسطن ، وقد وُجدت على جسدها أدلة من دنا لا تتوافق مع دنا دى سالفو، ولم يكن دى سالفو حيا ليرى هذه النتائج - فقد قُتل فى زنزانته بالسجن فى ١٩٧٣ .

هل قتل سام شبرد زوجته ؟

تمت تبرئة شبرد، فاتهم هذا الطبيب المشهور بقتل زوجته الحامل فى ١٩٥٤، وهو الذى ألهم بالفيلم السينمائى والحلقات التليفزيونية المسماة "الطريد" . (أسقطت تهمته فى ١٩٦٤ بناء على أمر إجرائى)، ومات شبرد فى ١٩٧٠ مفلسا وهو لا يزال يعلن براءته، وأدى دليل دنا إلى تبرئة شبرد فى ١٩٩٧ عندما وُجد أن الدم الذى عثر عليه فى مسرح الجريمة لا ينتمى إلى شبرد ولا إلى زوجته ، مما يعنى وجود شخص ثالث فى مسرح الجريمة.

هل أنجب توماس جيفرسون أطفالا من جاريته سالى همينجز؟

الإجابة هى نعم بكل ما يُحتمل، فقد قارن الباحثون كروموسومات واى من أحد أبناء هيمنجز مع سليل مباشر لأحد أعمام جيفرسون، ولما كانت كروموسومات واى تُمرر من الأب للإبن ، فإن جيفرسون على الأرجح هو الأب لواحد على الأقل من أطفال هيمنجز. (تشير أسرة جيفرسون إلى أن من الممكن أن يكون أحد أقرباء توماس جيفرسون هو الذى أنجب الأطفال ، إلا أن المؤرخين يرون أن هذا غير مرجح).

هل مات جيس جيمس(*) فى ١٨٨٢ ، أو أنه زَيف موته ؟

من المحتمل أنه قد مات، فقد قارن علماء من جامعة جورج واشنطن دنا من أسنان من قبر فى ميسورى مع دنا أسنان سلالة لشقيقة جيمس، ولكن كيف يعرفون أن الأسنان كانت من جيمس وليست من أحد أقاربه من الذكور؟ إنهم لا يعرفون. البعض يدعى أن جيمس قد دُفن فعلا فى قبر عليه اسم ج. فرانك دالتون.

هل يمكن أن تكون أسرة رومانوف(**) قد بقيت حية بعد الثورة الروسية؟

ما نعرفه الآن أن معظمهم لم يبقوا أحياء بعد الثورة ، ولكن استنتج العلماء بمساعدة من عينة لدنا من الأمير فيليب زوج ملكة إنجلترا أن الجثة التى عُثر عليها فى قبر جماعى فى جبال الأورال تنتمى فى الحقيقة إلى القيصر المقتول نيقولا الثانى، وبإجراء اختبارات دنا الميتوكوندرى أثبتوا أن امرأة عُثر عليها فى القبر هى أم الأطفال الثلاثة، الذين عُثر عليهم أيضا فى القبر، أما جثتا أصغر فردين فى أسرة رومانوف ، الكسيس وألكسندرا ، فلم يُعثر عليهما قط .

(*) جيس جيمس أحد أبطال الأشقياء الأمريكيين . (المترجم)

(**) أسرة رومانوف أسرة آخر قياصرة روسيا التى أعدمها الثوار . (المترجم)

هل كانت أنا أندرسون هى حقا أناستاسيا ؟

لا. ظلت أنا أندرسـون التى مـاتت فى ١٩٨٤ تزعم لزمن طويل أنهـا الأمـيـرة أناستاسيا رومانوف ، ابنة القيصر نيقولا الثانى، وصدقها أفراد كثيرون ، ولم يزد الأمر عن ذلك . بعد موتها ، أثبت اختبار دنا أن أنا أندرسون كان اسمها فى الحقيقة فرنسيسكا شونكوفسكا ، عاملة بولندية فى أحد المصانع قد أُبلغ عن أنها مفقودة منذ سنوات .

هل هرب آخر دوفين (ولى عهد فرنسا) ؟

لا . أدت عينات دنا إلى دعم ما أعلنه الثوار الفرنسيون من أن لويس تشارلز، ابن لويس السادس عشر ذى العشر سنوات قد مات فى السجن، وتبين أن عينات دنا الميتوكوندريا التى أُخذت من قلب الصبى المحنط تتوافق مع الدنا فى شعر أمه مارى أنطوانيت .

أين تُدفن الجثث

أصبح من التحديات أن نلاحـق الألغاز التاريخية التى تفيد تكنولوجيا دنا فى حلها، إلا أن الأحجية التى قد يحلها اختبار دنا أفضل حل ستشمل تنظيم تصحيح السجلات بالنسبة لمن تكونه شخصية من دفن فى مكان ما .

سنجد فى حالة العديد من الأساطير التاريخية أن لهذا السؤال أهميته أكثر من أى شىء آخر بأى حال، فمن الذى دُفن بالفعل تحت شاهد قبر "الفتى بيلى" فى فورت سمنر بولاية نيو مكسيكو ؟ حسب ما يرد فى الأسطورة والتاريخ ، فإن الفتى (المعروف

أيضا باسم هـ. بونى ، و"الفتى أنتريم" ، وهـ. ماك كارثى) قد أطلق النار فقتل اثنين من نواب الشريف ثم أُطلقت عليه النيران بدوره وقُتل بواسطة الشريف بات جاريث فى يوليو ١٨٨١، إلا أن هناك أسبابا للتشكيك فى هذا الزعم .

> بات ، أنت يا ابن العاهرة ، قالوا لى إنه يوجد هنا مائة رجل من تكســاس من عند النهر الكندى ! لو كنت أعرف أن ليس هناك أيا من ذلك ، لما استطعتَ أبدا أن تنالنى !

الفتى بيلى مخاطبا بات جاريث فى ١٨٨١ ، لحظة أن خطا خارجا من كوخ الصخرة عند نبع ستنكنج سيرينجز مسلما نفسه لجماعة الشريف جاريث.

فى ١٩٥٠ زعم مسن تكساسى اسمه "بيل الكث " روبرتس أنه "الفتى بيلى"، وأن الشريف بات جاريث قد أطلق النار فى ذلك اليوم على شخص آخر وعمل على تغطية كذبته . (لم يحدث وقتها قط أى تحقيق رسمى) . إذا كان هذا حقيقيا ، فإنه يشكل ملاحظة تاريخية مهمة تحول بات جاريث من بطل شعبى إلى قاتل .

يقول بيل ريتشارد سون حاكم نيومكسيكو: "نريد أن نصل إلى أعماق هذا الأمر"، وهو يؤيد إخراج جثة أم "الفتى بيلى" من قبرها حتى يتم اختبار دناها إزاء دنا "بيل الكث"، وإذا توافقا سيكون من المرجح أن يصدر الحاكم عفوا عن "الفتى" .

شرح ريتشاردسون الأمر فى حديث لمراسل "لصوت أمريكا" فى أثناء ذروة الخلاف على ذلك ، فقال ان الناس لديهم فضولهم . "عندما يواجه الناس بأمر عن ... "الفتى بيلى" ، وهو أسطورة الغرب ، فإنهم ربما يقولون ، "هاكم، لعله لم يكن سيئا كما كان كل واحد يقول ؛ والحقيقة أنه كان من المفروض أن يصدر العفو عنه وإن كان لم ينل ذلك"، وربما لم يقتله بات جاريث . ولعله هو لم يقتل أولئك الناس من رجال

القانون. وإذن هيا ننظر فى الأمر، وكل ما سنفعله سيكون بواسطة العلم، وبواسطة المؤرخين ، وبواسطة المعامل القومية التى تمتلك التكنولوجيا".[١٣]

ومن نكون نحن، بأى حال؟

حتى وقت قريب ، كانت الطريقة الوحيدة التى يستطيع بها علماء الأنثروبولوجيا دراسة جذورنا التطورية هى أن يحفروا ليستخرجوا الجماجم ويبحثوا فى الجثمان وبالتالى ، فإن من المفهوم أن يثور انفعالهم مع حصولهم على بصمة دنا كأحدث أداة فى ترسانتهم .

استخدم سفانت بآبو هذه الأداة أحسن استخدام ، ويعمل بآبو فى معهد ماكس بلانك للأنثروبولوجيا التطورية فى ليبزيج بألمانيا، ويبنى بآبو مقارنات تُجرى جنبا إلى جنب بين البشر وأقرب أقربائنا، وهو يقول إن هذه أول مقارنة على النطاق الواسع للجينوم بين أفراد البشر والشمبانزى، ومن وجهة النظر المثالية فإنها سوف تساعد العلماء على اكتشاف الوقت الذى ظهرت فيه ملامح بشرية معينة فى أثناء سباق التطور.

> فكرت قائلا: يا إلهى ، ماذا لدينا هنا ؟ كان الأمر جليا بما يبهر العين... (أدركنا) أننا وقعنا على طريقة لإثبات هوية الإنسان وراثيا، وبحلول عصر ذلك اليوم كما قد أسمينا اكتشافنا بأنه بصمة دنا .

سير أليك جفريز ، مخترع اختبار بصمة دنا.

حدثنى بآبو عن دراسة مقارنة لدنا ، اكتشف فيها أن أفراد البشر والشمبانزى قد تطوروا من سلف مشترك فى وقت أحدث مما جرى لأفراد الشمبانزى والغوريلا. وبكلمات أخرى ، فنحن نشبه الشمبانزى أكثر مما نشبهه الغوريلا، وقد اكتشف أيضاً

انه يوجد تباين بين أى فردين يُختاران عشوائيا من الأورانجأوتان مقداره أكبر بعشرة أمثال مما بين أى فردين من البشر لا توجد بينهما علاقة قرابة .

يقول بآبو: إن فريقه اكتشف أيضا وجود واحد وعشرين تغيرا تتعلق بالسمع بين الشمبانزى والبشر، وكما يقول: " كم من الرائع أن نفكر فى أن هذا ربما تكون له علاقة باللغة؛ يستطيع المرء أن يتخيل مثلا أن اللغة قد سببت أن يظهر فى البشر متطلبات سمع خاصة جديدة " . ويضيف قائلا: حيث إن العلماء الآن قد حددوا بدقة المصدر الوراثى لما يوجد من اختلافات بين أفراد البشر والشمبانزى ، فإنهم ولاشك سوف ينظرون فى المستقبل فى أمر السمع عند القردة العليا على نحو أكثر تدقيقا.[١٤] سيساعد هذا العلماء على أن يفهموا فهما أفضل السمع عند البشر.

ثم هناك ما لدينا من دنا الميتوكوندريا، وظللنا حتى هذا الفصل نتحدث عن الجينات كأنها كلها مولّفة من جينات الأب والأم، وهذا أمر يصدق بالضبط على ما لدينا من الاثنين والعشرين زوجا من الكروموسومات التى تسمى الكروموسومات الجسدية غير الجنسية .

على أن هناك استثناءين لهذه القاعدة : أحدهما هو كروموسوم واى الذى يأتى للصبيان عن طريق آباءهم ، والآخر هو دنا الميتوكوندريا الذى يمرر حصريا من خلال الخط الأموى وحده، وهذا النوع الأخير من دنا - دنا الميتوكوندريا - لا يقع فوق أى من أزواج الكروموسومات الاثنين والعشرين التى كنا نتحدث عنها حتى الآن . وبدلا من ذلك ، فإنه موجود خارج النواة ، ويقع فى الداخل من عضية صغيرة بالخلية تسمى الميتكوندريا ، وهى المسئولة عن تنظيم الطاقة فى الخلية، ويقع دنا الذى يتحكم فيها فوق خيط دائرى داخلها .

يبقى دنا الميتوكوندريا نقيا؛ لأن دنا الميتوكوندريا لا يتولف مع دنا الأب مع كل مرة ينجب فيها الزوجين طفلا، ويعنى هذا أن دنا الميتوكوندريا الموجود فى خلايا

الواحد منا يماثل بالضبط دنا الميتوكوندريا داخل خلايا أمه، وخلايا أم أمه ، وهلم جرا. هذا خط محكم لانحدار السلالة، ويؤدى هذا إلى أن دنا الموجود فى كل الميتوكوندريا عندنا يمكن نظريا(*) أن نتابع مساره وراء لنصل إلى حفنة من الإناث الأمهات الأصليات .

دوجلاس والاس عالم فى وراثة الميتكوندريا فى جامعة كاليفورنيا بإرفين، وحسب ما يقوله هناك ثمانى عشرة ابنة هكذا ، كل منهن لها تنظيم لدنا الميتوكوندريا منفصل ومتميز عن الأخريات، ويدل على منطقة العالم التى نشرت فيها كل منهن ذريتها، وهناك خطوط سلف هكذا أسيوية . وهندية أمريكية ، وأفريقية ، وأوروبية. وقد أجرى مقارنات بين تتابعات دنا الميتكوندريا فى مجموعة من الأفراد من صحراء كالهارى فى جنوب أفريقيا، وبعدها وجد والاس أن دنا هؤلاء الأفراد يُعد من بين أقدم ما يوجد من دنا منذ ١٤٥٠٠٠ سنة . (دنا نفسه هو بالطبع أقدم كثيرا من نوعنا).[١٥] يؤيد هذا فكرة أن البشر كلهم قد نشأوا من أفريقيا ، و"حواء السلف" كانت على الأرجح امرأة سوداء لها قدرة تحمل شديدة جدا، فمن اللازم أن تكون شديدة التحمل حتى تبقى حية فى تلك الأزمنة القديمة .

(*) الواقع أن خط دنا الميتوكوندريا أمكن بالفعل متابعته عمليا وليس نظريا فقط . (المترجم)

الفصل الخامس

مواجهة المصير

مولى ناش تلميذة فى السنة الثانية بكولورادو ، وهى مثل الكثير من صغار البنات تنظم شعرها بقُصة على الجبين ، وتلعب كرة القدم وتحب المدرسة – وخاصة القراءة . ولكنها لم تكن تبدو دائما كفتاة عادية للغاية .

كانت أمها ليزا تعرف أن هناك خطأ ما منذ الدقيقة التى ولدت فيها مولى، "لم يسمحوا لى برؤيتها، وانطلقوا بها لاغير بعيدا عنى ، وكان كل ماسمعته من بعيد هو ما ظل يقوله الجميع ، هُناك أوجه شذوذ فى اليدين والساعدين"[1] ثبت فى النهاية أن لدى مولى مرضا وراثيا نادرا يسمى أنيميا فانكونى ، وكان الوالدان كلاهما يحملان المرض دون علم منهما، وورثت مولى طفرة وراثية تسبب فشل خلايا نخاع العظام المسئولة عن تكوين خلايا دمها البيضاء، وولُدت مولى دون إبهامين ، وبقلب مثقوب، وصمم فى إحدى أذنيها.

قال الأطباء إن من المرجح أنها لن تصل لسن السادسة، إلا أن علاجا كان مثار خلاف غيّر من هذا كله ويسمى طريقة "التشخيص الوراثى لما قبل عملية الغرس = PGD أو بى جى دى"(*). استخدم الأطباء هذه الطريقة للعلاج فأمكنهم مساعدة والدى مولى على إنجاب طفل آخر ليس لديه هذا العيب الوراثى، وهذا الطفل، آدم شقيق مولى الصغير ، قد منحها دم حبله السُرى الذى يحوى الخلايا التى تحتاجها مولى لإجراء عملية زرع نخاع عظام يتوافق معها، وقالت ليزا فى لقاء مع شبكة إيه بى سى أن مولى تفهمت الأمر .

" نعم ، كانت تعرف الأمر ، وهذا ما أخبرتْ به كل من أتى لمنزلنا ليقبلنا مودعا . " أنا ذاهبة إلى مينيسوتا ، ودماء أخى ستجعلنى سليمة صحيا"، ووضعناه فى

(*) بى جى دى (PGD) مخصورة الحروف الأولى من الكلمات الإنجليزية :

Preimplantation genetic diagnosis.. (المترجم)

حـجـرهـا، وشـبكوا هذا الكيس بذاك ... ذهب سـائل . كـان كل شيء آمنا جـدا وهـادئا جدا، وأمسكنا جميعا أحدنا بالآخر ، وبعد مرور خمس وأربعين دقيقة ، بدأت حياتها الجديدة" .(٢)

يسارع أطباء مولى إلى توضيح أن آدم لا يعد نوعا من تصميم للمولود حسب الطلب ، وهذا سوء فهم شائع للأمر، ويعمل مارك هيوز عالما للوراثة فى "معهد وراثيات التكوين" كما أنه عالم بيولوجيا جزيئية فى واين ستيت، ويعد على نطاق واسع الرائد لهذه التكنولوجيا ، والحقيقة أننى عندما أجريت لقاء معه ، كان يتوقع أن أوجه له هذا النقد - فكان أول ما قاله لى فيه نزعة دفاعية: "الناس ينجبون الأطفال لكل أنواع الأسباب : النقود والسلطة والرفقة وإنقاذ زواج والعمل فى المزرعة وأسباب ضريبية . إذن فما العيب فى هذا الأمر ؟ هذه تكنولوجيا تجلب القدرة السحرية لشفاء شقيقة".(٣)

عملية بى جى دى الفعلية تُجرى بطريقة مباشرة إلى حد كبير؛ أولا، يستخدم الزوجان الطريقة نفسها التى تستخدم للإخصاب فى الأنابيب(*) لتكوين عدد كبير من الأجنة، وبعد أن تحملت ليزا وزوجها جاك أربع دورات من الإخصاب فى الأنابيب تكوّن لهما ثلاثون جنينا، وفحص علماء الوراثة بعدها كل جنين بحثا عن وجود المشكلة الوراثية - وهى فى هذه الحالة الطفرة التى تسبب أنيميا فانكونى، ووُجد أن خمسة من الأجنة خالية من الطفرة كما ثبت أن نسيجها يتوافق مع نسيج مولى، ورفض أربعة من الأجنة الخمسة أن ينغرسوا فى رحم ليزا، وانغرس الجنين الخامس بالفعل ، وولد آدم بعدها بتسعة شهور.

(*) الإخصاب فى الأنابيب مصطلح ساد فى العربية ، فى حين أن المصطلح العلمى الأصلى يعنى الإخصاب فى آنية المعمل الزجاجية؛ أى خارج الرحم وليس فى أنابيب الاختبار . (المترجم)

تمت ولادة مايزيد عن ألف طفل بطريقة "بى جى دى" كما يقول هيوز، وهو حاليا واحد من أكثر من يلتمسهم الناس من أختصاصى الإخصاب فى العالم .

يقول هيوز: "هؤلاء الأطفال يولدون لوالدين يتعرض أطفالهم لاحتمال خطر من أمراض وراثية خطيرة ، والذين هم فحسب لا يريدون أن يقامروا بلعبة من رمى النرد الوراثى، وهذه تكنولوجيا تؤكد أن يكون الوليد سليما صحيا".(٤)

> إذا كنا نستطيع أن نَعِد الزوجين الشابين وعدا أمينا بأننا نعرف طريقة تهبهما سلالة ذات خصائص ممتازة ، لماذا ينبغى أن نفترض أنهما سيرفضان ذلك؟ عندما يجد العلماء طرائق تؤدى إلى تحسن هائل فى القدرات البشرية ، لن يتوقف الجمهور عن التمسك بها بسعادة .

جيمس واطسون ، العالم المشارك فى اكتشاف اللولب المزدوج .

على أن هناك من ينتقصون هذه التكنولوجيا، فقد حدث، حسب ما سجلته الصحف، أن اتصل الفاتيكان بطبيب مولى ناش بعد أن وصلت إلى مدينة الفاتيكان أنباء ولادة أخيها، ولدى الكنيسة الكاثوليكية اعتراضات على طريقة (بى جى دى) تماثل اعتراضاتها على الإخصاب فى الأنابيب؛ لأنه يحدث تكوين لأجنة زائدة ويدمَّر بعضها، كما أن أفرادا آخرين لديهم هواجس تقلقهم من أن علماء الوراثة ربما سيمنحون الآباء سريعا القدرة على الفرز بالنسبة لصفات أخرى غير الاستهداف للأمراض الخطيرة؛ صفات كالجنوسية مثلا (طفل ذكر أم أنثى) .

يقول هيوز: "هذا قلق مشروع، والجنوسية ليست مرضا، وينبغى ألا يجرى أى واحد اختبارا للجنوسية". ولكن هيوز يقول أيضًا، إنه يستطيع إجراء اختبارات لما يصل إلى ٢١٧ طفرة جينية تغطى ما يقرب من ٨٦ مرضا وراثيا، وهى قائمة مستمرة فى تزايدها .

وهذا بالضبط ما يزعج علماء الأخلاقيات؛ فهم يؤكدون أنه سرعان ما سيصبح الحد الفاصل غير واضح المعالم ، الحد الذى يفصل بين فرز أجنة بالنسبة إلى أمراض طفولة تهدد حياتهم مثل أنيميا فانكونى، وبين الاستهدافات الوراثية لأمراض كالسرطان، وألزهايمر ، وكوريا هنتنجتون ، التى لا تظهر عموما إلا بعد أن يعيش الفرد بالفعل حياة صحية لزمن طويل نوعا .

أول زوجين عرف أنهما قد أجريا فحصا فرزيا لأجنتهما بالنسبة لكوريا هنتنجتون هما الزوجان مات ودنيس رومينجر، ومرض هنتنجتون مرض وراثى قاتل ينتج عن تكرار مفرط لثلاية (س أ ج) على كروموسوم ٤ . توفت أم مات بهذا المرض، وكذلك العديد من الأفراد من الأقارب الآخرين، فاختُبر مات فى ١٩٩٢ واكتشف أنه أيضا لديه الطفرة، وهكذا سيكون هناك احتمال من ٥٠ فى المائة بالنسبة لأى طفل ينجبه بأن تكون لديه الطفرة، وبدا أن طريقة (بى جى دى) هى الوسيلة الطبيعية للحصول على أطفال لا يشاركون فى هذا الخطر .

انطلق مات ودنيس قدما فى إجراءات طريقة "البى جى دى" بتكلفتها الباهظة وما تستغرقه من زمن طويل، وحتى الآن فإن مات لم تظهر عليه أى علامات للمرض - كما إن ابنتيه التوأمتين أوستن وهانًا تلميذتان مفعمتان بالنشاط فى المدرسة الابتدائية .

إلا أن هناك منحدرا زلقا يثير الإنزعاج ؟ إذا كان الآباء يستطيعون الاختيار فيما يتعلق بمثل هذه الطفرات غير المرغوبة التى تؤدى إلى وجود عيوب عند الولادة وأمراض موهنة ، ألن يحدث أيضا أنهم قد يختارون فيما يتعلق بصفات كالذكاء أو النشاط الرياضى أو الأعين الخضراء أو السيقان الطويلة ؟ يعد هذا الآن من روايات الخيال العلمى ، ولكن ماذا سيحدث إذا أصبح هذا ، وعندما يصبح هذا ، ممكنا ؟

لا شك أن أحدهم سيحب أن يجرب شيئا من ذلك، وكما ذكر جيمس واطسون فى كتابه "الولوع بدنا" : "وإذا كنا نستطيع أن نعد الزوجين الشابين وعدا أمينا بأننا

نعرف طريقة تهبهما سلالة ذات خصائص ممتازة ، لماذا ينبغى أن نفترض أنهما سيرفضان ذلك ؟ ... عندما يجد العلماء طرائق تؤدى إلى تحسن هائل فى القدرات البشرية ، لن يتوقف الجمهور عن التمسك بها بسعادة ".(٥)

يقول مارك هيوز: إن ما ينتشر على نطاق واسع من خوف الجمهور من "تصميم للمواليد" ليس بالأمر الواقعى؛ فأول كل شىء ، الإخصاب فى الأنابيب عملية مكلفة وغير مريحة . ويضيف قائلا "هناك طرائق أسهل للحصول على الحمل" . على أى حال هناك احتمالات تجعل المواليد حسب التصميم أمرا غير مرجح إلى درجة كبيرة، وتكاد الصفات الموروثة كلها أن تكون من توليفات من جينات عديدة وليست من جين واحد لاغير، ويجب أن تكون موجودة فى كلا الوالدين حتى يمررا الصفة إلى طفلهما .

يقول هيوز: "حتى باستخدام الإخصاب بالأنابيب وطريقة (بى جى دى) فإن د. روث لن تتمكن من الحصول على بروك شيلدز ، ولن يتمكن دانى دى فيتو القصير من الحصول على العملاق أرنولد شوارزينجر(*) ، إلا ربما فى الأفلام السينمائية".(٦)

لماذا يكون الأمر هكذا ؟ يفسر هيوز ذلك على هذا النحو ، "دعنا نفترض أن زوجين لايقدّران تقديرا جيدا روائع تكوين طفل من أجله هو نفسه، وأنهما يودان لو كان لديهما سليل له ذكاء ألبرت أينشتين، ولنفترض أنه من بين آلاف الجينات التى يتم التعبير عنها فى المخ البشرى ، يوجد ستة جينات فقط تتعلق بالذكاء – وهذا بلاشك فيه إبخاس فى تقدير العدد "، ويواصل هيوز الشرح قائلا إنه حتى يحدث أن يولد الطفل الأينشتينى ، يجب أن يكون الرجل والمرأة معا حاملين لجينات الذكاء الستة، وبكلمات أخرى فإنهما لا يستطيعان أن يعطيا للطفل مالا يمتلكانه .

(*) أسماء ممثلين مثلوا فى أفلام خيال علمى تدور حول إنجاب أطفال فائقى الجمال أو القوة حسب الطلب.(المترجم)

تسعة وتسعون فى المائة من الناس ليس لديهم أى فكرة عن مدى السرعة التى ستأتى بها هذه الثورة .

ستيف فودور مؤسس أفيمتركس كما استُشهد به فى كتاب مات ريدلى الجينوم ، (نيويورك ، هاربركولنز ، ١٩٩٩) ، ص ٢٥٨ .

يواصل هيوز القول: " هذه الجينات الستة هى مثل أوراق اللعب فى كوتشينة الجينوم الهائلة ، ويمكن تفنيطها وتوزيعها فى توليفات تكاد تكون بلا حصر، وهذا هو السبب فى تعجب الزوجين عندما يكون أطفالهما مختلفين تماما أحدهم عن الآخر، ومع ذلك فقد وُلدا للوالدين نفسهما؛ لنفترض أن الرجل والمرأة لديهما بالفعل هذه الجينات الستة من "جينات الذكاء" - ولكن هناك مثلا ثلاثة منها عند كل واحد منهما - وأنها تُورث على نحو "سائد" بنسبة (٥٠ - ٥٠) بحيث إن وجود كل جين أمر لازم للوصول إلى ذكاء أينشتين ".

سيكون لدى المرأة فى هذا السيناريو فرصة من ٥٠ فى المائة لأن تمرر كل واحد من جينات الذكاء الثلاثة من خلال إحدى بويضاتها، وكذلك فإن فرصة أن يكون لديها بويضة واحدة تحوى الجينات الثلاثة هى بنسبة ١ إلى ٨، وفرصة أن ينتج الزوجان بالفعل جنينا لديه كل الجينات المطلوبة هى بنسبة واحد إلى ٦٤ .

ها هنا يمكننا أن نرى وجه الصعوبة . يبادر خبراء الإخصاب فى الأنابيب إلى توضيح أن أحسن مراكز الإخصاب فى العالم تنجح فقط فى إنتاج من ثمانى إلى عشر بويضات ، لا يبقى حيا منها بعد الغرس إلا القليل . ويقول هيوز: "سيكون الأمر غير أخلاقى ولا يوجد فيه أى حس بمسئولية طبية لو أعطينا لامرأة الهرمونات الكافية لأن تجعل مبايضها تفرط فى الإنتاج هكذا، وحتى لو حدث أن تحسنت تكنولوجيات الإخصاب فى الأنابيب وطريقة (بى جى دى) بنسبة ألف فى المائة من المعايير الحالية ، فإن علم البيولوجيا سيمنع إساءة استخدام هذه العمليات على هذا النحو .

الافتراضات فى هذا المثل كلها مبسطة ، ومن المرجح أن عدد الجينات المطلوبة سيكون أكثر كثيرا من الستة".

يضيف هيوز: "سأحاج بين قوسين أن أى زوجين يريدان إجراء عملية (جي بى دى) لهذا الغرض ، هما فى الواقع لا يمتلكان "أى" من جينات الذكاء ، ولكن هذا موضوع آخر".

احتمالات تعرضك للمخاطر

اختبار الأجنة وراثيا قضية تثير هياج المشاعر ، أما الاختبار الوراثى لمن يُتوقع أنهم سيتعرضون لاحتمال خطر من الأمراض الوراثية من الآباء والبالغين ، فقد أثار موجة تم الارتطام بها من قبل .

تجرى الكثيرات من النساء الحوامل الآن اختبارات وراثية، وكذلك أيضا معظم المواليد الجدد، وهناك عدد متزايد من البالغين لديهم الفرصة لاكتشاف أى مخاطر تقبع كامنة فيما لديهم من دنا .

يكلف الاختبار ما بين ١٠٠ إلى ٢٥٠٠ من الدولارات ، حسب نوع الاختبار ويوجد بالفعل ما يزد عن ٩٥٠ اختبارا وراثيا متاحا فى صندوق أدوات الطبيب، اختبارات تستطيع أن تعيّن مدى الخطر الوراثى فى نطاق واسع من الأمراض، وهذا أكبر تطبيق واحد من بين تطبيقات معرفة الجينوم حتى الآن، ويستخدم الزوجان الاختبارات الوراثية لما قبل الحمل كما يستخدمان اختبارات فرز المواليد الجدد، وهناك اختبارات لفرز من يكون حاملا للمرض الوراثى(*) وهى تفيد الزوجين ليكتشفا إن كان

(*) حامل المرض الوراثى يكون لديه جين متنحى واحد للمرض ولا تظهر عليه الأعراض، ولكنها قد تظهر فى أطفاله إن كان القرين الآخر حاملاً أيضا للمرض. (المترجم)

كلاهما يحملان نسخة لأحد الأمراض التى يتطلب التعبير عنها وجود نسختين . وبالطبع فإن الزوجين عندما يعرفان أن لهما والدا أو أعضاء آخرين فى العائلة على صلة قرابة وثيقة، ولديهم المرض يكون أمامهما الخيار لإجراء الاختبار لتقدير احتمال الخطر .

نوعان من الطفرات

بعض الطفرات تكون وراثية، ويعنى هذا أنك ورثتها من أحد الوالدين أو منهما معا ، وأن الطفرات موجودة فى دنا كل خلاياك، وهناك طفرات أخرى تكون مكتسبة ، أخطاء تنشأ بمرور الزمن بسبب أسلوب حياة المرء ، والتعرض للسموم ، والعدوى ، وما إلى ذلك . الطفرات إذن تحدث . وعادة فإن الخلية تعرف كيف تصلح الطفرة قبل أن ترثها الخلية الابنة لها، ولكن هذا لا يحدث دائما، فأحيانا لا تنجح محاولات إصلاح دنا – أو أنها لا تصلح جيدا، ويحدث هذا مع تقدم العمر؛ حيث تتراكم الأخطاء، ويمكن أن تنشأ هكذا مشكلات متعلقة بتقدم السن .

مارينا امرأة شابة فى إيطاليا ، تقع فى الفئة الأخيرة . ذات يوم ، فى أثناء حديثها مع جاراتها ، أمسكت بصدرها وسقطت على الأرض . وبدا أن لديها نوبة قلب، ولكن الأمر لم يكن كذلك . وعندما وصلت إلى المستشفى أخبرها الأطباء بأنها ستكون على ما يرام، ذلك أنهم كانوا يعرفون ماذا سيأتى لها .

تعانى مارينا من حالة قلب وراثية نادرة تسمى " تسارع القلب البطينى المتعدد الصور الناتج عن الإجهاد"، واكتشفت مارينا ذلك من خلال اختبار وراثى بعد أن ماتت شقيقتان لها من هذه الحالة . سيلفيا بريورى أختصاصية قلب إيطالية عالجت مارينا وأخبرت مجلة "سيانتيفيك أميريكان = العلوم الأمريكية" بأن ، "احتمال خطر إصابتها بنوبة قلب احتمال كبير" . وبالتالى ، وقبل أن تظهر أى أعراض ، غرس الأطباء فى صدر مارينا جهازا أوتوماتيكيا يوقف الرجفان القلبى .

كلما حدث رجفان للقلب ، كما حدث فى ذلك اليوم ، يستطيع الجهاز إعادة القلب للعمل . ولما كان من المعروف أن هناك احتمالا بنسبة ٧٠ فى المائة بأن تحدث نوبة قلبية فى أى وقت ، سيكون من بالغ الخطر أن نكتفى بترقب وصول سيارة الطوارئ.(٧)

> هذا أمر يتعلق بالسلطة وبرسم الحدود فى الرمال ، وما إذا كان أصحاب العمل يستطيعون سرا أو قهرا إجبار الموظفين على إفشاء أسرارهم الوراثية .

هارى زانفيل ، رئيس مستشارى إخوان الحفاظ على الموظفين كما استشهد به كريستين فيليبكوسكى فى مقال حسم قضية الاختبار الوراثى فى مجلة وأيرد نيوز ، ١٠ أبريل ٢٠٠١ .

لا ريب أن مرض مارينا مرض نادر، فلا يوجد إلا اختبارات وراثية معدودة تستخدم فى مواقف من الحياة أو الموت مثل موقفها، إلا أن هناك مزيدا ومزيدا من الاختبارات الوراثية، التى كثيرا ما تستخدم لمساعدة الناس على تقييم احتمالات تعرضهم للمخاطر بحيث يمكنهم عند الضرورة تغيير أسلوب حياتهم واتخاذ الاحتياطات المناسبة .

الاختبار ، الاختبار

فيما يلى قائمة ببعض الاختبارات الوراثية التى تتاح عادة، فبعض هذه الاختبارات ، مثل اختبار فرز الزهايمر ، تكشف فقط عما إذا كان لدى المرء احتمال أكبر للتعرض لخطر المرض، وبعضها الآخر يكشف بيقين حقيقى عن أن المرض سيصيب المرء، وسوف يذكر لك مستشارك الصحى الاحتمالات وعوامل الخطر قبل إجراء الاختبار .

الاختبار الوراثى	المرض/ الأعراض
– مرض تعدد الأكياس فى كلى البالغين	– فشل كلوى ومرض الكبد
– نقص إنزيم ألفا –١– مضاد تريبسين	– النفاخ الرئوى ومرض الكبد
– ضمور التصلب الوحشى	– مرض لو جيريج ؛ فقدان تدريجى للوظائف الحركية يؤدى إلى الشلل والموت.
– مرض الزهايمر	– نوع من خرف الشيخوخة يبدأ فى سن متأخر.
– رنح تمدد الشعيرات	– اعتلال فى المخ يزداد تقدما بما يؤدى إلى فقدان التحكم فى العضلات، وأورام سرطانية .
– ضعف تشاركوت – مارى – توث	– فقدان الإحساس فى نهايات الأطراف.
– فرط التكثر النسيجى خلقيا فى الكظرية.	– فقدان الإحساس فى نهايات الأطراف والأعضاء التناسلية وتخنث ذكورى كاذب .
– التليف الكيسى .	– مرض للرئة والبنكرياس ينتج عنه تجمعات مخاطية سميكة والتهابات مزمنة.
– حثل دوشن العضلى / حثل بيكر العضلى.	– هزال فى العضلات يتراوح بين بسيط وشديد ، مع تدهور وضعف.

الاختبار الوراثى	المرض/ الأعراض
– خلل التوتر.	– تصلب عــضلى ، تكرر الحــركـــات الالتوائية .
– أنيميا فانكونى ، مجموعة سى (C).	– أنيــمــيــا ، ســرطان الدم الأبيض، تشوهات الهيكل العظمى .
– عامل ليدن – الخامس.	– خلل فى تجلط الدم .
– متلازمة كروموسوم إكس الهش .	– ســبب رئيــسى فى التــخلف العــقلى الوراثى .
– مرض جوشر	– تضخم الكبد والطحال، تحلل العظام.
– هيموفيليا أ و ب.	– أمراض نزفية .
– الصباغ الدموى الوراثى .	– مرض فرط اختزان الحديد .
– ســرطان القــولون الوراثى دون زوائد سليلية .	– أورام تبدأ مبكرا فى القولون وأحيانا فى أعضاء أخرى .
– مرض هنتنجتون	– يبدأ عادة فى منتصف العمر ؛ مرض فى الأعصــاب يؤدى إلى تحلل مـتزايد فيها، ثم الموت .
– السرطان الوراثى للثدى والمبيض (BRCA 1 and 2 = بركا ١ وبركا ٢)	– أورام تبدأ مبكرا فى الثدى والمبيض.
– حثل التوتر العضلى .	– ضـعف عضلى مـتزايد ؛ أكثـر نوع شائع من الحثل العضلى عند البالغين.

الاختبار الوراثى	المرض/ الأعراض
- داء الأورام العصبية الليفية النوع(١).	- أورام حميدة متعددة فى الجهاز العصبى يمكن أن تؤدى للتشوه ؛ أمراض سرطانية .
- بول الكيتون الفينولى .	- تأخر عقلى متزايد بسبب نقص أحد الإنزيمات ؛ قابل للعلاج بالتغذية .
- متلازمات برادر- ويلى /أنجلمان.	- نقص فى المهارات الحركية ، تلف فى الإدراك ، موت مبكر .
- مرض الخلية المنجلية .	- مرض فى خلايا الدم ؛ آلام مزمنة، والإصابة بالعدوى .
- الضمور العضلى الشوكى .	- مرض فى الأطفال ، يكون عادة مميتا، ويؤدى إلى هزال متزايد فى العضلات.
- الرنح الشوكى المخيخى نوع (١) .	- حركات عضلية لا إرادية ، خلل ردود الفعل ، تفجر نوبات للكلام .
- مرض تاى ساكس .	- مرض عصبى مميت يبدأ فى الطفولة المبكرة ؛ نوبات مرضية ، شلل .
- حالات الثالاسيميا.	- حالات من الأنيميا ؛ انخفاض عدد الخلايا الحمراء .

المصدر : "مشروع الجينوم البشرى" . متاح (على الخط) عند

http:// www.ornl.gov/sci/te chresources/ Human_Genome/medicine/genetest.shtml.

فجر التنبؤ الطبى

يقول فرنسيس كولنز رئيس "مشروع الجينوم البشرى" فى أفضل تلخيص للأمور، "ينبغى خلال عشر سنوات أن نكون قادرين على صنع تنبؤات عنك وعنى بالنسبة للحالات التى يرجح أكبر الترجيح أن نتعرض لاحتمال الخطر منها ، وهذا فى حد ذاته سوف يتيح لنا تنفيذ بعض استراتيجيات طبية وقائية تتأسس على احتمالات المخاطر الشخصية الخاصة بنا . امنحونا عشرين سنة لاغير ، وأعتقد أنكم بعدها لن تتعرفوا على الطب نتيجة الطريقة التى سوف تنشأ وتطبق بها سبل العلاج".(٨)

يعمل ليروى هود رئيسا لمعهد بيولوجيا المنظومات فى سياتل ، وقد أخبرنى أنه واثق من ذلك: "أعتقد أننا فى السنوات العشر القادمة سنصنع تقدما هائلا بحيث تكون لدينا أدوات لإجراء تشخيصات وتنبؤات بالمرض مبكرا جدا، وإذا كنا نريد أن نتعامل مع السرطان بأقصى فاعلية خلال السنوات الخمس التالية ، سوف نحتاج إلى القدرة على أن نسمى الحالة بأنها سرطان – أى أن نشخصها – فى وقت مبكر حقا".(٩)

> ينبغى خلال عشر سنوات أن نكون قادرين على صنع تنبؤات عنك وعنى بالنسبة إلى الحالات التى يرجح أكبر ترجيح أن نتعرض لاحتمال الخطر منها ، وهذا فى حد ذاته سوف يتيح لنا تنفيذ بعض استراتيجيات طبية وقائية تتأسس على احتمالات المخاطر الشخصية الخاصة بنا . أمنحونا عشرين سنة لاغير ، وأعتقد أنكم بعدها لن تتعرفوا على الطب نتيجة الطريقة التى ستنشأ بها وتطبق بها سبل العلاج .

فرنسيس كولنز ، رئيس مشروع الجينوم البشرى

في بعض الحالات ، مثل السرطان أو حالة قلب مارينا ، يكون في القدرة على التنبؤ بالخطر الذى يتعرض له المرء ما يمكن معه إنقاذ حياته ، هناك مثل آخر لذلك في الاختبار الوراثي الذى يُجرى بالنسبة لمرض وراثي نادر هو الصباغ الدموى، وهذا المرض من أكثر الأمراض الوراثية انتشارا في الولايات المتحدة ، حيث يحمل واحد من كل ثمانية إلى اثنى عشر فردا نسخة من الجين المسئول عن الصباغ الدموى، الذى يُعرف أيضا باسم "مرض الحديد"، وهناك ما يقرب من نسبة خمسة في الألف من الأفراد لديهم نسختا الجين اللازمتان للإصابة بالمرض، ويسبب المرض أساسا تراكم الحديد في أنحاء الجسم كله، وإذا لم يعالج المرض فإنه قد يؤدى إلى تلف الكبد، والعقم ، والسكرى، إلا أن استنزاف الدم بطريقة منظمة يمكن أن يمنع تماما أسوأ نتائج هذه العلة .

ثم دعنا ننظر أمر الاختبارات المتاحة الآن لأنواع السرطان المختلفة، فتؤدى طفرات بركا (١) وبركا (٢) (BRCA 1, BRCA 2) إلى زيادة درامية في احتمال خطر سرطان الثدى والمبيض ، وتؤدى النسخ الطافرة لجينى إم إل إتش (١) وإم إس إتش (٢) إلى زيادة احتمال خطر سرطان القولون، و(هناك اختبارات متاحة الآن للكشف عن وجود كلا النوعين من الطفرات)، وثمة خيارات للأفراد المصابين في كلتا الحالتين – في وسعهم أن يغيروا أسلوب حياتهم ، ويجروا بانتظام تصويرا للثدى أو منظارا للقولون ، أو أنهم قد يختارون حتى إزالة أثدائهم أو قولونهم بالكامل.

ولكن ماذا لو كان يوجد اختبار لأحد الأمراض ، ولا يوجد علاج له ؟ هناك شكل مغاير لما يسمى جين أبو APOE يؤدى إلى زيادة لها مغزاها في احتمال خطر مرض الزهايمر . ومن الناحية الأخرى فإن ٧٠ في المائة ممن لديهم مغاير أبو لا يصابون أبدا بالمرض؛ أينبغي إجراء الاختبار أم لا ؟ حسب رأى الخبراء في الولايات المتحدة وأوروبا، الإجابة هى "لا" . بما أنه ليس هناك ما يمكن فعله إزاء زيادة احتمال الخطر ،

يوصى الخبراء بألا يستخدم الأطباء الاختبار إلا لتأكيد التشخيص، وليس للتنبؤ باحتمال المرض.(١٠)

يقول هود: " التنبؤ مع عدم وجود علاج يعد من المحرمات فى الطب".

نانسى ويكسلر عالمة أعصاب ساعدت فى الكشف عن جين كوريا هنتنجتون ، وهى تروى قصة لتوضيح هذه النقطة، ولا يوجد علاج شافى لمرض هنتنجتون، والمرضى الذين يرثون الجين يتحتم أن يموتوا موتا بطيئا رهيبا من هذا المرض العصبى المخرب . كتبت ويكسلر مقالا تتذكر فيه كيف أنها وهى تختبر مئات الأفراد فى فنزويلا لهذا المرض ، كانت منشغلة البال كل الانشغال فى التفكير فى الطريقة التى سيتفاعل بها الأفراد، الذين لم تظهر بعد عليهم الأعراض إذا اخبرناهم بالأمر، وهؤلاء أناس "استحوذوا على اهتمامنا وتصوراتنا " .

> العلماء والوالدون لديهم الآن السلطة والأحقية لتقرير ما يكونه الميراث الكافى لأن يصلح فرد ، ليس فقط لدخول جامعة هارفارد، وإنما أيضا للدخول فى الحياة . ولكن ما الذى ستكونه المعايير الجديدة ، ومن أين ستأتى ؟ من الذى لديه الحكمة لأن يقول إن هذه "التحسينات" سوف تجعلنا كائنات بشرية أفضل ؟ نحن فى الحقيقة عند مفترق للطرق .

ليون كاس عالم الأخلاق البيولوجية كما استشهد به ريك وايز فى مقال بناء طفل جديد ، صحيفة واشنطن بوست ٣٠ يونيو ، ٢٠٠١

يقول ويكسلر: " مع ما تبين من وجود عدد قليل لاغير من هؤلاء الأفراد، أقل من المائة فرد ، فقد كنا لا نعرف إلا أقل القليل عن الطريقة التى سيحدث بها التفاعل للأخبار السيئة عند هذه "المجموعة من المرضى الذين لم تظهر عليهم الأعراض بعد " .
أشار أحد الرجال إلى جسر فوق البحيرة بالقرب من مكان اجتماعنا وقال بإيجاز بليغ:

" لو أنكم قلتم لى أنى سوف أصاب بهذا المرض ، وأنه لن يكون لدىّ أى شخص أتحدث معه بهذا الشأن، سوف أجرى إلى أقرب جسر وأقفز من فوقه !"

"نحن عاجزون عن أن نخبر الناس عن موعد بدء المرض : فى وسعنا فقط أن نقول إن من المرجح غالبا أن لديهم الجين . وفى لقاءات المتابعة بعد مرور بعض الوقت من الاختبار، كنا نسأل الذين كان اختبارهم إيجابيا عما إذا كانوا يظنون أن المرض سينشأ لديهم ؛ وكان بعضهم يجيب، لا أظن ذلك ، لأن الله سوف يشفينى، أو لأن العلم سوف يشفينى ، أو أن الاختبار كان خطأ. إنها لصدمة هائلة أن يكون المرء سليما تماما ثم يعرف بيقين يكاد يصل إلى نسبة المائة فى المائة أن مرض هنتنجتون هو مصيره فى المستقبل " ، كما تقول ويكسلر.(١١)

طريق طويل للشفاء

أنفق العلماء السنوات وهم يبحثون عن الجينات التى لها علاقة بسرطان المبيض ، وهو مرض قاتل للنساء ، ولما كان تشخيصه بالغ الصعوبة ، فإن ظهور اختبار له يعد مفتاحا مهما، وكثيرا ما يكون سرطان المبيض قد استفحل إلى مراحله الخطرة قبل أن يكتشفه الطبيب والمريض .

فى يونيو ٢٠٠٣ أعلن الباحثون فى مركز أبحاث السرطان بالمملكة المتحدة بإدنبرة فى أسكتلندا أنهم أحرزوا نصرا كبيرا؛ فقد اكتشفوا جينا اسمه "أوبسمل = OPCML" وجدوا أن نشاطه يتوقف ، أو أنه يُوقف عن العمل ، فى أكثر من ٩٠ فى المائة من حالات أورام المبيض التى فحصوها، وعندما أعادوا تشغيل هذا الجين فى خلايا سرطان المبيض فى المعمل ، توقف نمو الخلايا .

يقول علماء المعمل: إنهم يعتقدون أن جين "أوبسمل" يشفر لبروتين فوق خلايا المبيض يجعل هذه الخلايا "لزجة" وتلتصق إحداها بالأخرى، وعند توقف نشاط الجين

لا تلتصق الخلايا معا وينتج عن ذلك نمو الخلايا بلا قيد، وقد يكون فى الإمكان أن ينتج عن هذا الاكتشاف دواء يحتمل أن يحاكى وظيفة جين "أويسمل" .

يقول جون توى المدير الطبى لمركز أبحاث السرطان فى المملكة المتحدة: "إنه لما يشد العزائم دائما أن يحدث تقدم للأمام فى أبحاث سرطان مثل سرطان المبيض ، الذى تصعب معالجته بنجاح كامل إلا إذا تم اكتشافه مبكرا، ما زال أمام هذا البحث طريق طويل يقطعه فى المعمل قبل أن يتمكن المرضى من الاستفادة به ، ولكن النتائج حتى الآن واعدة " .

وهذه هى الصعوبة دائما ، أليس كذلك ؟ فبينما تحدث الاكتشافات الجينومية بمعدل أسرع قط من أى مما كان ، إلا أن تناول أحد الاكتشافات للوصول به إلى النقطة التى يصبح فيها من الممكن إنجاز الاختبارات والعلاج ، أمر يستغرق سنوات.(١٢)

وعلى عكس ذلك ، توضح ويكسلر أن الأفراد الذين يتلقون استشارات وراثية شاملة – الأفراد الذين يفهمون الموقف حقا – يكون تصرفهم جيدا – فالأمية الوراثية عدو حقيقى، وكثيرا مالا يفهم الناس أن الفرد الذى يحمل جينا سائدا لمرض، مثل هنتنجتون أو الكلية متعددة الأكياس ، يكون من المحتمل أنه سيصاب بالمرض، إلا أن حمل جين متنحى لأحد الأمراض (مثل التليف الكيسى ، وتاى ساكس) لا يجعل أطفالك معرضين لاحتمال خطر إلا إذا كان يحمله أيضا الزوجة أو الزوج .

> لا يوجد مرض ليس فيه إسهام من عوامل وراثية ، فيما عدا بعض حالات الرضح . لست أعرف ولا مثل واحد لمرض من هذا النوع .

فرنسيس كولنز، رئيس مشروع الجينوم البشرى

تتساءل ويكسلر: "كيف نشرح معلومات معقدة تكنيكيا ومشحونة بالانفعالات لأفراد عاديين ، الكثيرون منهم لم يسمعوا قط عن دنا ولا "يعرفون" عن الجينات إلا أدنى المعرفة ، وليس لديهم تقريبا أى فكرة عن معنى "الاحتمال" ، وتعليمهم علميا لم يهيئهم قط للوصول إلى أى خيارات فيما يتعلق بهذه الأمور ؟"(١٣)

هذه أسئلة يتلمس الأطباء والأخلاقيون معا الإجابة عنها . نعم ، يحدث الآن أن اختبارات الجينات تفد علينا بمعدل أسرع كثيرا من العلاج المرتبط بها، ومن المحتمل أن تلحق بها وسائل العلاج خلال عشرين إلى ثلاثين سنة ، كما يتنبأ هود ، وكولنز، وآخرون، ولكن هذا وقت طويل .

بل والأكثر إزعاجا ، أن الاختبارات الوراثية أصبحت متاحة بمعدل أسرع مما يتعلمه الجمهور عموما عن الوراثيات .

جين يمكن أن يسبب نوبة قلبية

هل يكون أحدهم أكثر استهدافا عن أى فرد آخر؛ لأن يعانى من نوبة للقلب أو سكتة قلبية ؟

يقول بعض العلماء إن هذا يمكن أن يحدث للمرء إذا كان لديه أحد الأشكال المغايرة وغير الشائعة لجين يسمى "ألوكس(٥) = ALOX5". يقول باحثون من جامعة جنوب كاليفورنيا وجامعة كاليفورنيا إنه يبدو أن لهذا الشكل المغاير للجين صلة بتصلب الشرايين أو تخثرها .

درس العلماء ٤٧٠ حالة من عمال المرافق خلال ثمانية عشر شهرا، فاكتشفوا أن أولئك الذين لديهم المغاير غير الشائع للجين تكون جدران شرايينهم أشد سمكا، وهذا عرض نمطى فى تصلب الشرايين، ووجدوا أن التغذية تلعب دورا مهما فى الإقلال من الاستهداف الزائد الذى يسببه الجين . يقول جيمس دوير الباحث فى جامعة

كاليفورنيا: إن التأثير الضار لهذا الجين يزداد بتعاطى أغذية فيها " دهون بروابط عديدة غير مشبعة عددها ن-٦ = n-6 poly unsaturatad fats" ، فى حين أن هذا التأثير الضار يتوقف مفعوله بتناول زيوت السمك التى فيها أحماض دهنية تحوى ن-٣ من الروابط غير المشبعة " .(١٤)

يعتقد العلماء أن وظيفة مغاير جين "ألوكس ٥" يمكن أن تكون تحويل الدهون السيئة - مثل الدهون الموجودة فى الزيت والبيض - لتصبح جزيئات مخثرة للشريان. وعلى عكس ذلك ، فإن الغذاء الغنى بما يسمى الدهون الجيدة ، مثل الدهون الموجودة فى السمك المدهن ، قد تقلل من هذا الضرر.(١٥)

أليس مما يثير الاهتمام ، أن نلاحظ أن الطب من حيث تاريخه كان أول كل شىء علاجيا ، ثم وقائيا ، وأخيرا تنبؤيا ، فى حين أن هذا الترتيب أصبح الآن معكوسا : فالطب أولا تنبؤى، ثم وقائى ، وأخيرا يكون عند اليأس علاجيا ؟

جين دوسيه الحاصل على جائزة نوبل ، فى مقال بمجلة بيومدسين وبيوتكنولوجى = الطب الحيوى والتكنولوجيا الحيوية ١ (١) ، ٢٠٠١ ، ص ١-٢ .

قصة راباى

مجتمع اليهود الأرثوذكسى فى الولايات المتحدة يظهر فيه مثل قوى لما يمكن أن يحدث عندما يتحد أفراد المجتمع معا؛ ليواجهوا مرضا وراثيا رهيبا .

يسمى هذا المرض بمرض "تاى - ساكس" ، وهو اعتلال عصبى مميت تسببه طفرات جينية على كروموسوم ١٣، وهو مثل أنيميا الخلية المنجلية والتليف الكيسى،

مرض متنحى ، بمعنى أن الوليد يحتاج إلى أن يرث نسختين معا من الجين الخطأ ، واحدة من كل من الوالدين حتى يصيبه المرض، فإذا حدث ذلك يكون مصير الوليد محتوما، وعندما يبلغ الوليد ما يقرب من ستة شهور من عمره ، يبدأ ظهور علامات للتخلف عن النمو ، وعند الشهر الثامن عشر ، يبدأ فى أن يصاب بالعمى ونوبات التشنج . ويصبح فى النهاية عديم الاستجابة تماما، نادرا ما يعيش الطفل المصاب بتاى - ساكس ليتجاوز الثالثة من عمره .

من المعتقد أن فردا واحدا تقريبا من كل ٣٠٠ فرد يحمل الجين الخطأ الذى يعرض لخطر الإصابة بهذا المرض ، بل إن المعدل يكون حتى أعلى من ذلك بين ذرية يهود شرق أوروبا أو الإشكنازى، فنسبة الاحتمالات فى ذلك المجتمع تزداد قربا من الواحد إلى الخمسة والعشرين .

يقول الراباى جوزيف أكشتين من بروكلين بمدينة نيويورك: "بعد أن فقدت طفلى الرابع بسبب تاى - ساكس ، وبعد ما قاسيناه معا أنا وزوجتى من كل هذه المعاناة ، قررت أنه لابد من فعل شىء لمنع أن يحدث ذلك ثانية فى هذا المجتمع" . عمل الراباى فى ثمانينيات القرن العشرين على حشد الجهود محليا لإنشاء " جمعية الجيل القويم" ، التى تشجع أفراد الشباب على إجراء اختبار فرز للمرض قبل الزواج، وتموّل الجمعية اختبارات الفرز من خلال الاشتراكات ومساهمات الجمهور. حتى الآن بلغ عدد من أتمت الجمعية فحصهم لهذا الجين ما يصل إلى ٩٠٠٠٠ من الأفراد .

> الأمر الواضح أنه عندما تتاح إنجازات جديدة من التكنولوجيا ، يثور جدل هو فى الحقيقة ليس بالجدل العلمى، فهناك حاجة إلى أن نخرج بالأمر إلى المجتمع الأوسع نطاقا ليقرر ما يكون مقبولا وما يكون غير مقبول . يقول المجتمع إن الاختبار الوراثى الذى يؤدى إلى التخطيط الأسرى أمر طيب فى بعض الحالات، ولكن

هل يتغير ذلك بالنسبة إلى مرض مر عليه ثلاثون عاما ؟ يحتاج الأمر إلى أن يشارك فى هذا الجدل أفراد كثيرون قبل أن نصل إلى قرار حول ما يريد له المجتمع أن يحدث .

د. ويليام ثايز ، نائب رئيس جمعية الزهايمر ، كما استشهد به دينيس جرادى فى مقال جينات وأجنة ، وأخلاقيات فى صحيفة نيويورك تايمز، ٣ مارس ، ٢٠٠٢ ، القسم ٤ ، ص ٦

يقول الراباى أكشتين: إن اختبارات الفرز التى أُجريت لآلاف من كل فردين مرشحين للزواج ، قد عينت أنه يوجد بينهم مئات معدودة فقط يكون فيها المرشحان عرضة للخطر، ولما كان اليهود الأرثوذكس يعارضون عموما الإجهاض ، فإنه ينصح مثل هذين الفردين بالانفصال مباشرة بدلا من المخاطرة بأن يكون لديهما طفل مصاب بمرض تاى – ساكس . "نعرف أن هذا ليس سهلا. ولكن من الناحية الأخرى دعنا نقارن ذلك بما يعانية المرء من آلام عندما يرى طفلا يحتضر بين يديه ؟ كيف لنا أن نقارن هذا بذاك ؟"(١٦)

البحث عن أناس صغار الحجم

ولكن ماذا عن الأمراض والعلل التى ليست مميتة – العلل التى تنتشر بالدرجة الكافية؛ لأن تجعل من يعانون منها يخلقون ثقافات مزدهرة من حولهم؟ يتبادر للذهن هنا العميان والصم . كذلك أيضًا من يمتدحون أنفسهم بأنهم "أناس صغار" ، الرجال والنساء ضئيلو الحجم الذين يعيشون فى حالة تسمى: التقزم.

روث ريكر رئيسة سابقة لمجموعة للدعم الوراثى تسمى "أناس أمريكا الصغار"، وتفخر المجموعة بأن عدد أعضائها يزيد عن خمسة آلاف فرد . وتقول ريكر: "يتضح جزئيا مفهوم مجتمع الأقزام من خلال عشرات الأطفال الأقزام من كل أنحاء العالم

الذين يتبناهم (البالغين من الأقزام) ... هناك شعور مشترك بتقبل الذات، والكبرياء ، والمجتمع " .

> حتى باستخدام (هذه التكنولوجيا) فإن د. روث لن تتمكن من الحصول على بروك شيلدز ، ولن يتمكن دانى دى فيتو القصير من الحصول على العملاق أرنولد شوارزنجر ، إلا ربما فى الأفلام السينمائية .

مارك هيوز ، رائد طريقة بى جى دى ، ٢٠٠٣

ظلت ريكر وشغلها الشاغل هو أن توضح أن هناك شعورا بالخوف يتنامى شائعا بين الأفراد الذين يولدون بحالات معوقة، ويوجد الآن لدى من نتوقع لهم أن يكونوا والدين قدرة متزايدة على إجراء اختبار فرز لعلل شتى ، وبالتالى ففى إمكانهم أن يختاروا ألا يكون لهم أطفال أو أن ينهوا حالات الحمل عندما تتكشف فى النور أوجه للشذوذ. وبالنسبة إلى ريكر – التى تعانى مثل الكثيرين من الأقزام من طفرة فى كروموسوم ٤ تسمى "الودانة"(*) – فإنه هذا أمر له أهمية بالغة .

ناشدت ريكر الجمهور فى برنامج "ساعة الأخبار "بشبكة "بى بى إس" قائلة : "فى وسعنا أن نقلل على نحو درامى من عدد الأطفال الأقزام الذين يولدون لوالدين من حجم متوسط ، وذلك بأن نضغط على الوالدين من كل الأحجام لإجراء اختبار فرز نتقى به ولادة من يمكن أن نسميهم بأنهم الوليدون الأصحاء الأقزام ، أطفال سوف ينمون ليصبحون مثلى، ومازلنا نحس بانفعال متعاطف مع هذا المأزق ، تماما مثلما حدث لأول جيل منا وُجدت لدى معظم أفراده هذه الفرص للاختيار التى تقدم لنا الآن فى توقع بأنه قد يتم تدريجيا التخلص من حالاتنا" .(١٧)

(*) الودانة نمو غير طبيعى للغضاريف فى نهاية العظام الطويلة ، ينتج عنه قصر الأطراف وتقزم خلقى للمصاب. (المترجم)

الشخص الذى يجرى اختبارا وراثيا يحسب حسابات مروعة للمكسب والخسارة . من الواضح أن المكسب هو أن تعرف أن ليس لديك جينات الزهايمر، أو التليف الكيسى ، أو هنتنجتون، أو أى من العديد من الأمراض الأخرى . والخسارة هى أن تعرف أن لديك جينات لأحد هذه الأمراض ، هل معرفة النتائج الطيبة للاختبار تستحق احتمال المخاطرة أيضًا بسماع نتائج سيئة للاختبار؟

ديكسلر صائدة الجينات ، فى فصل "الاستبصار والحذر" فى كتاب "شفرة الشفرات "، تحرير كيفلز وهود ، (مطبعة جامعة هارفارد ، ١٩٩٢)

يقول علماء الأخلاق إن ما ننتهى إليه هو أن نتساءل عما إذا كنا نعتبر أن التقزم يعد مرضا - أو كذلك مثلا الحالات الوراثية للصمم أو العمى، وهل سنقرر عن طريق الاختبارات الوراثية أن نتخلص من الأفراد الذين يبدو أنهم مصدر للمتاعب بأكثر مما ينبغى ؟ هل نصل عند نقطة معينة إلى أن يولد فحسب الأطفال الذين يتلاءمون مع معيار ضيق تحدد مسبقا لما هو طبيعى ومقبول ؟

لن يندهش كثيرا معظم علماء الأخلاق عندما يحدث فى المستقبل القريب نسبيا أن يناول موظف شركة التأمين لمن يُتوقع أن يكونوا والدين قائمة من بضع مئات من الأمراض لإجراء اختبار فرز لها فى أثناء بذل السائل الأمنيوسى(*) ، وهو يقول لهم إن التأمين لن يغطيهم إذا اختار الوالدون إنجاب طفل مصاب .

(*) السائل الأمينوسى (النخط) سائل داخل غلاف السلى المغلّف للجنين يكون الجنين معلقا فيه ، ويتم بذله بإبرة فى أثناء الحمل؛ حيث توجد فيه خلايا من الجنين تُختبر لفرز الأمراض الوراثية . (المترجم)

شركات التأمين

لا يكتمل النقاش حول الاختبارات الوراثية إلا بذكر شركات التأمين والظل جد القاتم الحقيقى، الذى تلقيه بالفعل على قرارات كثيرة لإجراء الاختبارات . تقول أولمبيا سنو سيناتور ولاية مين: إنه فى إحدى الحالات رفض أكثر من ٣٠ فى المائة من السيدات إجراء اختبار وراثى لسرطان الثدى بسبب الخوف من أن شركة للتأمين الصحى سوف تمارس تمييزا ضدهن، ولاريب أنه ينبغى ألا يكون على الأمريكيين أن يختاروا بين قدرتهم على اكتشاف ما يكون عليه بروفيلهم الوراثى وبين الاحتفاظ بتأمينهم ، كما تقول السناتور .

حدث ما حفز سنو إلى طرح مشروع لائحتها المسماة لائحة عدم التمييز وراثيا فى ٢٠٠٣ ، وذلك بعد أن وصلها خطاب من إحدى الناخبات فى دائرتها ، وهى بونى لى تكر من هامبدون بولاية مين، وشُخصت تكر كحالة لسرطان الثدى فى ١٩٨٩ و١٩٩٠، وكان المرض قد أصاب أيضا أمها وتسع من قريباتها .

> المأزق الأخلاقى الحقيقى الذى سيواجهنا فى المستقبل – هو أن تكلفة هذه التكنولوجيا غالية جدا، وسيتمكن من لديهم المال من أن يعطوا تعزيزاتهم وراثيا لأطفالهم ، أما من ليس لديهم المال فلن يكونوا قادرين على تكلفة ذلك .

عالم الأخلاق لى سيلفر

إذا تم إجراء اختبار دم بسيط سيكشف ما إذا كانت ابنة تكر التى تبلغ الخامسة والعشرين لديها طفرات بركا ١ أو بركا ٢ ، ولكنها لا تريد لها أن تجرى الاختبار خوفا من أن تفقد ابنتها تأمينها الصحى فى سن مبكر هكذا .

ستؤدى لائحة ٢٠٠٣ لعدم التميز وراثيا إلى أن تجعل الناس ولاشك يحسون بأنهم أكثر أمانا، ووُفق على التشريع فى مجلس الشيوخ فى أكتوبر ٢٠٠٣ بإجماع

الأصوات ، ٩٥ صوتا مقابل لا شيء ، وما زال باقيا أن يُوافَق عليه فى مجلس النواب.
تنص اللائحة - بوجه خاص - على حظر أن يستخدم أحد أصحاب العمل المعلومات الوراثية عند التوظيف ، أو الفصل ، أو تخصيص الوظيفة ، أو الترقية ، أو اتخاذ أى قرارات وظيفية أخرى، ويُحظر على الشركات أيضا تجميع معلومات وراثية عن الموظفين أو عائلاتهم إلا إذا تم الإيفاء بمعايير معينة ، وذلك مثلا كأن ينتاب صاحب العمل القلق بشأن متابعة تأثير مواد سامة فى العمال .

والأكثر صلة بموضوعنا أن اللائحة تمنع شركات التأمين من طلب بيانات وراثية قبل أن تضم أى من الأفراد إلى مشروعات تأمينها ، وتمنعها من أن تستخدم البيانات الوراثية لرفض عملاء أو تغيير أو زيادة معدلات التأمين .

تقول السناتور: " أمل أن ابنتى تتمكن مع هذه اللائحة من أن تتحرر من أوجه قلقها من إجراء الاختبار ، بحيث يمكنها أن تواصل حياتها... لن توفر هذه الشركات مالا على حساب ابنتى".(١٨)

حدث فى جلسات استماع بمجلس الشيوخ أن أعلنت شركات التأمين معارضتها للائحة ، واصفة إياها "بعدم الحكمة "، وورد فى شهادة رونالد يونج رئيس اتحاد التأمين الصحى فى أمريكا أن هناك بالفعل حماية كافية للعملاء، وكما قال: "إن فرض قيود جديدة فوق ما هو موجود من قبل سيؤدى إلى الإضرار بالناس أنفسهم الذين تُقصد مساعدتهم بهذه القيود ، ويتم الضرر من خلال تقييد قدرة أصحاب شركات التأمين على تحديد أقساط تأمين مناسبة وعادلة".(١٩)

سواء كان هذا حقيقة أو وهما ، فإن وجود تهديد بأن تعاقب شركات التأمين الناس بسبب معرفة المعلومات الوراثية يمكن أن يكون عقبة فى مسار ما يسمى بالثورة الجينومية ، كما يقول فرنسيس كولنز ، الذى انحاز إلى جانب السناتور سنو فى المناقشة . وقال فى شهادته إن التمييز الوراثى ، "اتجاه يمكن أن ينتج عنه الموت

الفعلى لتلك الثورة الرائعة التى يزودها بالوقود " مشروع الجينوم (البشرى)": لأن الناس سوف يخافون من الحصول على تلك المعلومات التى يمكن بغير ذلك أن تفيدهم فائدة هائلة فى أهدافهم الطبية ."(٢٠)

> إننا ننبذ الأفراد الذين يسببون المتاعب بأكثر مما ينبغى، وهذه قيم قد تخندقت عميقا ، قيم من علم تحسين النسل(*) . فنحن لا نريد التعامل مع أناس لايتلاءمون مع معيارنا لما يُعد طبيعيا وجذابا بدنيا .

مارشا ساكستون ، المتحدثة باسم المعهد العالمى للتفوق ، كما استشهدت بها سالي ليهرمان فى مقال اختبارات ما قبل الولادة تثير الخوف من علم تحسين النسل، مجلة جين ليتر = رسالة الجين ١ (٨) ، سبتمبر ٢٠٠٠ .

أخبرنى كولنز فى أثناء إرسال هذا الكتاب للمطبعة بأنه يحس بتفاؤل حذر إزاء قانون التمييز الوراثى، وعلى الرغم من أن مجلس الشيوخ قد وافق على اللائحة ، فإن مجلس النواب لم يوافق عليها بعد، وقال إن هذه القضية هى شاغله الأول. " هذا أمر له أهمية كبرى عاجلة، فالناس بالفعل يفقدون تأمينهم الصحى ووظائفهم نتيجة اكتشاف معلومات وراثية عنهم هم أنفسهم – معلومات هم يحتاجونها من أجل رعايتهم الصحية هم أنفسهم، وسيقع الضرر بضحايا كثيرين آخرين فى المستقبل إذا لم تتم معالجة ذلك، والتمييز الوراثى لا عدل فيه ويمكن أن يحل بأى واحد منا " .

(*) علم تحسين النسل له شهرة سيئة منذ أن أسئ استخدامه فى الاضطهاد العرقى بأمريكا وألمانيا النازية.(المترجم)

ويضيف كولنز أنه أيا كان الحال ، " فنحن جميعا لدينا بعض خلل وراثى فى مكان ما من جينومنا " .

حرية التوصل للاستفادة

حتى إذا لم يحدث تمييز وراثى ضد الناس بواسطة أصحاب العمل وشركات التأمين ، يظل هناك سؤال آخر . هل سيكون أى فرد قادرا على تحمل تكلفة الاختبارات الوراثية ؟ يثور قلق بعض السياسيين وعلماء الأخلاق الذين يرصدون القضية من أن تكلفة الاختبارات قد تمنع استفادة كل المواطنين بها على قدم المساواة.

> الأمر ببساطة أنه ليس من العدل أن المعلومات نفسها التى قد تؤدى إلى حياة أكثر صحة وإلى توقى أحد الأمراض ، قد تؤدى أيضا إلى رفض تنفيذ التأمين الصحى أو إلى تكلفة أعلى للتأمين . ينبغى ألا يكون على الأمريكيين أن يختاروا بين أن يتولوا بأنفسهم رعاية صحتهم وبين الإبقاء على تأمينهم .

أوليمبيا سنو ، سيناتور الولايات المتحدة (دائرة مين) ، ٢٠٠٣

دعنا ننظر فى أمر هذا السيناريو . يكلف علاج بطريقة مثل التشخيص الوراثى لما قبل الغرس مبلغا يصل إلى ٤٠٠٠ دولار بخلاف وفوق ما يتكلفه ما يلزم لإجراء الإخصاب فى الأنابيب . هل فى هذا عدل أو حق ؟

يعمل تروى دستر عالما فى علم الاجتماع بجامعة نيويورك، وهو الرئيس السابق للجنة "الدلالات الأخلاقية والقانونية والاجتماعية لمشروع الجينوم البشرى"، ويقول دستر: إنه يرى أن من المحتم ألا توجد عدالة عند تنفيذ إجراء اختبارات الفرز، وتكنولوجيات الإخصاب ، وأوجه التقدم الأخرى. يقول دستر: "لدينا اقتصاد سوق،

وبالتالى فإن فيه الإجابة عن ذلك". ستصبح طريقة "بى جى دى" متاحة على نحو متزايد ، وذلك بالنسبة إلى من يطبقون تحمل تكلفتها ولاتهمهم التكلفة المزعجة للاختبارات الإضافية فهؤلاء سينالون ما يريدون، ويضيف ترست أن من الأفضل أن نواجه هذه الحقائق من الآن بدلا من أن نخدع أنفسنا فى التفكير فى أن كل التكنولوجيات ستكون متاحة لكل الناس بكل فئاتهم، فلن يكون الحال هكذا أبدا.

من فضلك ، سآخذ طفلا آخر

فكرة انتقاء بعض الأجنة والتخلص من البعض الآخر على أساس من الجنوسية فكرة تعد محرمة بالنسبة إلى غالبية اختصاصى الإخصاب ، الذين لا يمارسون طريقة (بى جى دى) عندما تكون الأسباب تافهة ، وإنما يمارسونها للتعامل مع أمراض وراثية خطيرة .

يقول مارك هيوز رائد التشخيص الوراثى لما قبل الغرس: "آخر ما أعرف على وجه التدقيق هو أن الجنوسية ليس مرضا".

على أن هناك عيادة إخصاب تقع فى فرجينيا تسمى " معهد الوراثيات وإخصاب الأنابيب" تنشر إعلانات فى باب الحياة الراقية فى صحيفة "نيويورك تايمز" فيها رسالة مختلفة تماما؛ فهى تزعم أن هناك أناسا ربما يريدون التخلص من أجنة صبيان بسبب حمل الذكور لأمراض معينة ، أوهم يريدون فرز البنات بعيدا بسبب "قضايا من حفظ التوازن العائلى" . (وهذا مصطلح من الظاهر أن جوزيف شولمان مؤسس هذه العيادة قد صاغه فى أثناء لقاء معه) . وتقول هذه العيادة إن لديها تكنولوجيا – تسمى "الفرز المجهرى = MicroSort" لإنجاز ذلك . حسب ما تنشره العيادة فإن الفرز المجهرى يتيح للعائلة أن تختار طفلا من الجنس الملائم " بطريقتين اثنتين : يستطيع الوالدان أن يستخدما الإخصاب بالأنابيب لتكوين بويضات عديدة، ويتم فصل أجنة

الجنس الملائم بطريقة "بى جى دى"؛ أو أنهما يستطيعان استخدام فرز الحيوانات المنوية والإخصاب الاصطناعى بالمنى .

هوجمت هذه التكنولوجيا فيما مضى هجوما عنيفا خاصة بواسطة نشطاء من الأسيويين، الذين يقولون إنهم يعرفون من خبرتهم المباشرة التأثير الذى يحدثه اختيار جنس الوليد فى المجتمع . (يوضح علماء الديموجرافيا(*) : أن هناك فى بلاد جنوب شرق آسيا عددا من "الفتيات المفقودات" يصل إلى ١٠٠ مليون ممن يمتن قتلا عند ميلادهن أو يمتن قتلا بالاهمال) .

ثم مرة أخرى كما يتضح من مقال فى نشرة أنباء " مركز الوراثيات والمجتمع" ، فإن الكثير من عمليات انتقاء جنس الوليد تجرى بواسطة النساء اللاتى يرغبن فى بنات .[٢١] وحتى فى هذه الحالات يثور قلق علماء الأخلاق، وربما يكون هناك قالب نمطى بالنسبة إلى جنس الوليد عند أحد الوالدين فيستثمر مالا ، ووقتا ، ومتاعبا لإنتاج وليدة أنثى . وقد ورد عن أحد عملاء تكنولوجيا الفرز المجهرى" قوله: "وددت أن يتوفر لى وليدة ألعب معها بدمى (باربى)(**) وتذهب معى للتسوق ؛ وددت أن يكون لى تلك الفتاة الصغيرة ذات الشعر الطويل واللون الوردى والتى تقوم بصقل الأظافر".[٢٢] وبالإضافة ، فقد عرف الباحثون من دراسة أجريت بجامعة الولاية فى كليفلاند، أن أكثر من ٨٠ فى المائة من النساء و٩٤ فى المائة من الرجال يودون استخدام تكنولوجيات الانتقاء للتأكد من أن يكون طفلهم الأول ولدا، وكما قالوا إن من الممكن للطفل الثانى أن يكون بنتا، وبناء على مايعرفه علماء النفس عن تأثير ترتيب الولادة – وأن الصبيان المولودين أولا يكونون أكثر عدوانية عن الآخرين – فإن روبرتا

(*) الديموجرافيا دراسة السكان إحصائيا من حيث الولادة والوفاة والصحة والزواج .. إلخ . (المترجم)

(**) دمية باربى دمية واسعة الانتشار كلعبة للبنات فى الولايات المتحدة والغرب وتسوق فى العالم كله. (المترجم)

شتاينباتشر رئيسة دراسة كليفلاند أخبرت أحد مراسلى صحيفة "نيويورك تايمز" أنها قلقة من أن يحدث " أننا سنخلق أمة من شقيقات صغيرات".[٢٣]

يعمل لى سيلفر أستاذا للوراثيات فى جامعة برينستون، وقد قال لمذيع فى لقاء بسلسلة أحاديث إذاعية عنوانها " ملفات دنا": "لست أرى أى مشكلة بالنسبة إلى والدين يعطون جينا لطفلهم يجعله يقاوم الأمراض، ولست أرى أى مشكلة بالنسبة إلى والدين يختارون جنينا ليس لديه تليف كيسى ، أو يضعون جينا فى جنين ليحمى هذا الطفل من الإصابة بالإيدز أو أمراض القلب أو السكرى أو البدانة . أما ما أرى بالفعل أنه المأزق الأخلاقى الحقيقى الذى سيواجهنا فى المستقبل - (فهو) أن تكلفة هذه التكنولوجيا غالية جدا، وسيتمكن من لديهم المال من أن يعطوا تعزيزاتهم وراثيا لأطفالهم ، أما من ليس لديهم المال فلن يكونوا قادرين على تكلفة ذلك".[٢٤]

أشرك سيلفر الناس معه فى قلقه خلال شتى وسائل الإعلام، وأجرى معه لقاء فى هيئة الإذاعة البريطانية أذيع فى ١ يناير ٢٠٠٠ ، وقال مفسرا: "المشكلة هنا أننا ماضون إلى عالم سوف يكون مختلفا تماما (عن) العالم الذى نعيش فيه الآن، لأنه لا توجد فى الحقيقة أى قيود لما يمكننا أن نفعله وراثيا، وأستطيع أن أفعل أى شىء يمكننى تصوره من حيث تغير الجينات فى أى وليد، وأستطيع أن أعطى الوليد القدرة السمعية للكلب أو إبصار الصقر، واستطيع إعطاء ذلك الطفل أى شىء - مثل مقاومة الأمراض من كل الأنواع المختلفة - وسيحدث فوق ذلك فى المستقبل ، مع فهمنا للمزيد والمزيد عن الجينوم البشرى ، فإننا سنتمكن من زيادة القدرة الذكائية المحتملة لهذا الطفل، وسنجد فجأة أننا سننتهى ونحن لدينا مجموعة من الأطفال هم ... على مستوى وراثى يفوق بدرجة هائلة مستوى من أسميهم بالطبيعيين ، أولئك الأفراد الذين ليس لديهم تعزيزات وراثية . أعتقد أن هؤلاء الناس لن يكونوا قادرين على التفاعل بطريقة جيدة جدا ، وبالتالى فإنهم سيظلون منعزلين اجتماعيا عن الآخرين ، وفى النهاية لن يتمكنوا من التناسل مع الآخرين، وهذه هى بالضبط الطريقة التى يتشكل

بها فى الطبيعة نوع جديد من الكائنات الحية، وهذا فيما أعتقد أمر رهيب تماما، وأعتقد أنه سيكون كارثة لأن هذه المجموعة من الأفراد الذين يكوّنون نوعا مختلفا بالنسبة للمجموعة الأخرى من الناس ، لن تكون لديهم بعد الرغبة أو الحاجة لأن يعاملوا المجموعة الثانية من الناس معاملة فيها إجلال واحترام، وأعتقد أن هذه نتيجة سيئة إلى حد كبير ، وإن كنت لا أرى كيف نستطيع منع وقوعها " .(٢٥)

أما مارك هيوز فيقول: "كل التكنولوجيات الجديدة تكلف مالا ، ابتداء من الإلكترونية فالأتوماتية فالطبية، ومع أن هذا مما يؤسف له ، إلا أن الحقيقة الموجودة فى نظام الصحة الأمريكى (هى) أنه لا توجد مساواة فى علاج كل الأفراد، وعندما يصاب أحد فى البلاد الأوروبية أو فى كندا بمرض خطير ، يغطى النظام الحالة ماليا، ويحدث ذلك فى حالة بذل سائل أمينوسى تماما مثلما يحدث فى عملية تحويل الشرايين التاجية، وبمثل ما يكونه الأمر تماما فى كل التكنولوجيات ، فإن التكلفة تنخفض مع زيادة الاستخدام وتحسين الطرائق المتبعة".(٢٦)

جينان اثنان يمكن أن يجعلا المرء بدينا .

لا شك فى أن المبالغة فى الأكل والمبالغة فى قلة إحراق الغذاء تؤديان إلى زيادة الوزن، إلا أننا نجد أنه فى الحالات التى تعانى سمنة مفرطة أنه قد يكون هناك تفسير وراثى .

أجرت شركة "ديكود (= فك الشفرة)" للوراثيات وزميلتها شركة ميرك وشركاه دراسة فى أيسلندا عن دنا الموجود لدى ١٧٠٠٠ فرد، وأعلنتا أنهما قد عزلتا جينين ربما يسببان استهداف الأفراد للسمنة، وهما تأملان أن تصنعا فى النهاية أدوية تحدث مفعولها على المنتجات الجينية التى يتم تكوينها، ويتوقع المراقبون أن يثمر هذا المسعى خلال عقد من السنين . يقول كارى ستيفانسون المدير التنفيذى بشركة

"ديكود": "قد عينًا (نسخا) شائعة من الجينات التى تسهم إسهاما له مغزاه فى كلتا العمليتين الرئيسيتين المؤثرتين فى السمنة - طاقة الأيض القاعدية من ناحية وتنظيم الشهية من الناحية الأخرى ".(٢٧)

استخدمت شركة ديكود تكنيكا فريدا فى تصيد الجينات مما أدى إلى جذب قدر كبير نوعا من الاهتمام، واشترت الشركة منذ سنوات عديدة حقوق سجلات الصحة والتاريخ العائلى فى أيسلندا، وهى بلد منعزل ينحدر سكانه فى معظمهم من مجموعة صغيرة من الفايكنج، الذين استقروا هناك فى القرنين التاسع والعاشر، ونتيجة لانعزال الجزيرة نسبيا ، فإن المستودع الجينى فيها يجذب الباحثين بوجه خاص ممن يلتمسون الكشف عن وجود أشكال مغايرة من الجينات تكمن وراء الأمراض والعلل.

تخطط ديكود ، ومعها ميرك ، لإنتاج سلسلة من علب أطقم تشخيص للجينات التى تكتشفها خلال بحثها فى أيسلندا .

الفصل السادس

ينبوع طول العمر مع الصحة

وكما قال كاسيدى الجلف للفتى سندانس ، "ستصبح فى كل يوم أكبر سنا . هذا هو القانون " .

على أننا وقد تسلحنا الآن بكل تلك المعرفة المتزايدة عما يجعلنا بشرا، هل يجب علينا أيضا أوتوماتيكيا أن نصاب بالسرطان ، ومرض القلب ، ونصاب بالعجز عقليا؟ هل هذا قانون ؟

أيجب أن نموت جميعا ؟

من الحقيقى أننا بفضل يرجع فى أغلبه إلى سياسات الصحة العامة ، والمضادات الحيوية ، قد شهدنا بالفعل تحسنا فى العمر المتوقع، وظل البشر فى معظم الوقت الذى أقاموا فيه على هذا الكوكب، ومعظمهم يكونون من المحظوظين إذا جاوزوا الثامنة عشرة من عمرهم، وأصبح هذا العمر الآن يتجاوز الثمانين بما له قدره.

تزايد العمر المتوقع بمعدل ٢,٤ من السنين لكل عقد على مر السنوات المائة والستين الأخيرة ، وذلك دون أى مساعدة مطلقا من علماء الوراثة . السؤال الآن هل لا يزال فى استطاعتنا أن نزيده لأكثر من ذلك .

على الرغم من وجود جدل واسع النطاق حول هذه الدعوى ، فإن بعض العلماء يقولون: إن الوصول إلى زمن حياة من ١٥٠ سنة أو حتى أكثر أمر يمكن إنجازه فى أثناء حياتنا .

راهن العالم ستيفن أوستاد على هذا الإنجاز، وتراهن هو وعالم الديموجرافيا الحيوية جاى أولشانسكى على أنه بحلول عام ٢١٥٠ سيكون هناك أفراد أحياء ظلوا يعشيون لعمر غير مسبوق هو ١٥٠ عاما .

قال أوستادلى: "اخترنا عمر ١٥٠ سنة على وجه الدقة؛ لأننا نعتقد أنه يقع خارج نطاق إمكان الوصول إليه عن طريق التزايد التدريجى فى الرعاية الصحية، وهذا العمر لا يزيد إلا بما يقرب من ٢٢ فى المائة عن السجل الحالى (وهو ١٢٢)".[١]

على الرغم من أنى وصلت بالفعل إلى عمر الخامسة والسبعين،
فإن لدى من الأسباب ما يجعلنى أعتقد أنى شخصيا سوف
أستفيد من أبحاث دنا .

جيمس واطسون ، العالم المشارك في اكتشاف اللولب المزدوج، ٢٠٠٣

راهن أوستاد هو وأولشانسكى بمبلغ ١٥٠ دولارا لكل منهما فى شكل سندات استثمارية ، وذلك فى خطة بأن يضيف كل منهما ٥ دولارات سنويا للمبلغ المودع ويقوم البنك بتوزيع الوديعة على أقارب الرابح فى ٢١٥٠ عندما يصل المبلغ المستحق إلى ما يقدر بمبلغ ٥٠٠ مليون من الدولارات . بالنسبة للورثة من سلالة أوستاد فإنهم من أجل نوال المبلغ يتطلب ذلك أن يكون من بلغ عمر المائة والخمسين سنة فى حالة صحية جيدة إلى حد معقول، كما يتطلب أن يوجد برهان على عمره بما لا يشك فيه .

ليس لدى أولشانسكى أى شك فى أن البشر سيصلون فى ذلك الوقت إلى عمر ١٣٠ سنة . بينما يشير أوستاد إلى ما حدث مؤخرا من نجاح فى زيادة مدى عمر حيوانات التجارب .

يقول أوستاد مشيرا إلى عالمة الوراثة سنثيا كينيون التى تعمل بجامعة كاليفورنيا فى سان فرنسيسكو: "انظر إلى ما تفعله سنثيا فعلماء الوراثة الجزيئية من أمثالها يعملون بالفعل على تعيين (البروتينات) التى تكبح الشيخوخة فى (الحيوانات)".[٢]
"لاأستطيع إلا أن أؤمن بأننا سننجز أوجه تقدم فى طرائق العلاج المضادة لشيخوخة البشر خلال المائة عام القادمة".[٣]

ديدان تلعب التنس

تؤمن سنثيا كينيون أيضا بأننا نستطيع إبطاء الشيخوخة، ولديها ديدان تثبت ذلك.

تقول كينيون: "هذه ليست بديدان ميتة ، فهى تتحرك فيما حولها . كان ينبغى أن تكون موجودة فى دار لرعاية المسنين ، ولكنها تخرج لتلعب التنس . إن فيها ما يثير . فهى وكأنها إنسان قد بلغ سن أربعمائة وخمسين سنة يسلك ويبدو وكأنه فى سن الستين . إنها تجعل المرء فحسب يتساءل عن مدى ما يمكنه الوصول إليه".(٤)

حتى وقت قريب لا غير ، كان هناك اعتقاد علمى شائع بأننا لا نستطيع أن نفعل أى شيء بالنسبة للشيخوخة فيما عدا الحرص فى التغذية وأداء التمارين الرياضية. كان العلماء يعتقدون أن البشر مثلهم مثل المحركات العتيقة الصدئة التى تبلى بالتدريج، فإن تجارب كينيون على الديدان المستديرة (سى.إيليجانز = C.elegans) قد أدت إلى الاستحواذ على انتباه العلماء فى السنوات الأخيرة .

من المرجح أن كينيون ستسجَّل فى تاريخ الطب باعتبارها الباحثة التى أسهمت الإسهام الغالب فى نظرية أنه يمكن تأخير الشيخوخة من خلال التعامل بالجينات. فالنقطة الجوهرية هى أنها نجحت فى أن تزيد مدى حياة ديدانها المستديرة الصغيرة التى تقارب حجم حبة الأرز ، فزادته أولا بمثلين ثم بثلاثة أمثال ، ثم بستة أمثال ، بحيث زادت من طول عمرها بما يتجاوز كثيرا عمرها الطبيعى الذى يبلغ الأسبوعين. هكذا تعيش بعض ديدانها بما يصل إلى اثنى عشر أسبوعا .

توصل فريق عمل كينيون إلى هذا الإنجاز الفذ بأبحاث فيها عمليات كالسمكرة لثلاثة جينات فى الدودة المستديرة سميت "داف(١) = daf1"، وداف(٢) ، وداف(١٦). فأثبت هذا ما كانت كينيون تظنه منذ زمن طويل من أن الجينات تنظم الشيخوخة على الأقل بالنسبة للكائنات الحية البسيطة مثل الديدان .

ينبغى عن طريق التخطيط أن يتواصل الجسد إلى الأبد.

إيليوت كروك ، جامعة ستانفورد

تقول كينيــون: "عندما تنظر إلى الطبيعة ، تجد أن ما تراه فيها يثير الاهتمام حقا : الحيوانات المختلفة لها مدى أعمار يختلف اختلافا ملحوظا ، هاك مثل من ثلاثة حيوانات صغيرة ذات دماء حارة : الفأر ، والكنارى ، والخفاش. فى وسعك أن ترى أن الفأر يعيش ما يقرب من عامين ، والكنارى خمس عشرة سنة أو ما يقرب، والخفاش يستطيع أن يعيش إلى ما يصل إلى خمسين سنة . كيف يحدث أن يكون لهم مدى أعمار مختلفة هكذا ؟ حسن ، من الواضح أنها تختلف أحدها عن الآخر بواسطة جيناتها".(٥)

عند مجرد إيقاف عمل جين داف(٢) يزيد عمر الدودة الصغير بمثلين، كما تقول كينيون، ولا يقتصر الأمر على مجرد أن يمتد مدى العمر، وإنما تمتد أيضا "السنوات الطيبة" للعمر . فالديدان المسنة فى معمل كينيون لا تبدو مترهلة بطيئة مثل أندادها الذين لم يُحوَّروا، وبدلا من ذلك فإنها تبدو متألقة وهى تتلوى فيما حولها ، كأنها ماذا؟ حسن ، وكأنها رغم ضآلتها تختال مستعرضة .

ما هى علاقة جينات داف بأى من هذا ؟ كما تقول كينيون ، ثبت فى النهاية أن هذه الجينات تشفر لإحدى المستقبلات لهرمون يقوم بتنظيم الأنسولين .

توجد بالطبع ثغرة واسعة بين الديدان المستديرة والبشر ، ومن المرجح أن تحويل أبحاث كينيون من الديدان إلى الفئران ثم البشر سيستغرق طريقا طويلا ملتويا.

لابد وأن يكون لديك عقلك الخاص بك ، هذا أمر أكيد .

إيفا فريدل ذات العمر المئوى ، كما استشهد بها كارول م. أوستروم فى مقال كيف وصلت إيفا فريدل إلى سن المائة والعشرة؟ صحيفة سياتل تايمز، ١٨ نوفمبر، ٢٠٠٣ .

ومع ذلك ، فإن البحث الذى أجرى على الديدان المستديرة يشير إلى احتمال مراوغ . فإذا كانت الشيخوخة تقع فى متناول التحكم الوراثى بالنسبة إلى الديدان المستديرة، فإنه يمكن تصور أن العلماء سوف يتمكنون من التوصل إلى دواء أو علاج يتدخل أيضا فى عملية شيخوخة البشر، وربما يستطيع هذا الدواء أو العلاج أن يعيد ضبط الساعة التى تقدح زناد أوجه التلف المتعلقة بالشيخوخة، ويصبح السؤال هو متى يكون ذلك؟

تقول كينيون: " يقول الناس: إنهم سوف يندهشون إذا نجح ذلك مع البشر. أما أنا فسوف أندهش إذا لم ينجح . ويصبح السؤال الوحيد هو: ما الزمن الذى سنستغرقه لفعل ذلك"؟.(٦)

وتواصل القول: "المقدمة المنطقية هى أن نستطيع العمل على إبطاء عملية الشيخوخة فإذا استطعنا ذلك؛ فسوف نستطيع الإقلال من احتمالات مخاطر كل أنواع المرض: السرطان ، مرض القلب ، تخلخل العظام؛ هذه أمراض تزداد احتمالات مخاطرها عندما يصبح المرء مسنا، أما إذا استطعنا إبطاء عملية الشيخوخة، فسوف نتمكن من الإقلال من احتمال مخاطرها".(٧)

حسب ما تقوله كينيون ، فإن الهدف النهائى هو أن يبلغ المرء التسعين ويحس كأنه فى الأربعين . أسست كينيون مع لينى جارينت العالم فى معهد ماساتشوستس للتكنولوچيا شركة فى كمبريدچ بماساتشوستس اسمها "الكسيرفارما سيوتيكالز (= دوائيات الاكسير)" للتوصل إلى سبل علاج مضادة للشيخوخة قد تجعلنا نضع أقدامنا على الطريق .

تقول كينيون: " نحن لا نتحدث فقط عن زيادة مدى الحياة ، وإنما نتحدث أيضا عن زيادة مدى الصحة .

إيوس وتيثونس

بهذا القول تضع كينيون يدها على واحد من أسباب القلق الرئيسية التى تتعلق بأوجه العلاج التى تزيد عمر البشر: فيجب عندما نمد مدى عمر الإنسان أن نحرص أيضا على أن نمد مدى صحته .

لعل القارئ يتذكر من مدرسته الثانوية ، أو من قراءته لكتاب "أساطير بولفينش" ، تلك الأسطورة الإغريقية عن إيوس وتيثونس: كانت إيوس آلهة الفجر تقع من آن لآخر فى غرام عنيف مع أحد الفانين من البشر ، ووقعت أخيرا فى غرام تيثونس الوسيم أمير طروادة، وتوسلت إلى زيوس كبير الآلهة أن يمنحه الخلود، ونالت أمنيتها، ولكنها نسيت أن تطلب له أيضًا شبابه!

> تتراوح الآراء بين القول بأنه ليس هناك أى شىء يموت من كبر السن، إلى القول بأن كل شىء يموت من كبر السن فنحن لا نعرف حقا معرفة جد واضحة السبب فى أن الناس يشيخون ليموتوا .

ستيفن أوستاد، عالم بيولوجيا الشيخوخة ، فى مقال البقاء حيا، مجلة ديسكفر، نوفمبر ٢٠٠٣ .

كما تذهب الأسطورة فقد انهارت مشاعر إيوس وهى ترى تيثونس وهو يزداد ويزداد شيخوخة وعندما ابيض شعره انفصلت عنه ، تاركة إياه وهو يطوف وحده فى قاعات قصرها السماوى . وعندما فقد القدرة على استخدام أطرافه وأصبح لا يستطيع إلا أن يصدر لها أصواتا كالطفل ، فإنها حولته إلى جرادة!

فى الثمانين ويحبونها !

ظهر على غلاف مجلة "آرب" عنوان يقول: "الستون هى الثلاثون الجديدة ، مع صورة غلاف للجميلة لورين هتون (وكان عمرها وقت التقاط الصورة التاسعة والخمسين.)، وقصة الغلاف هذه تأخذ بالأنفاس ويصعب أن توصف بأنها علمية، ولكنها تجعلنا نفكر .

يظل رقم الثلاثين رقما سحريا، فذات مرة قال أرسطو: "الجسم البشرى يكون فى أفضل أحواله بين الثلاثين والخامسة والثلاثين من العمر" .

وإذن ، إن كان سن الستين هو الثلاثون الجديدة ، هل يكون سن العاشرة والمائة هو الثمانون الجديدة ؟ هل سيحدث ذلك بأى حال ؟

يقول ليونارد بون مدير مركز علم الشيخوخة بجامعة جورجيا: "ما زال مما ينتظر التأكيد أن نعرف ماذا سيحدث عندما يجاوز المرء مثلا خط عمر المائة والعشرين ، وهل سيتمكن عندها من أن يكون بالصحة الكافية لأن يعيش حياة من نوع طيب".

يمكن الإشارة هنا إلى أن مدام جين لويز كالمنت الحائزة على الرقم القياسى العالمى لأكبر المسنين ، عاشت حتى عمر ١٢٢ سنة . على أن أفراد عائلتها كانوا فى النهاية يسندونها بالمعنى الحرفى لذلك حتى لا تقع فى أثناء إجراء لقاءات معها.

يصبح البشر بالعمر مسنين ، وتصبح اللآلئ بالعمر صفراء.
ما من علاج لذلك.

مثل صينى قديم

على أن كليمنت ظلت زمنا له قدره وهى تعيش مستقلة بنفسها فى سنوات عمرها بعد المائة . والحقيقة أن معظم ذوى السن المئوى يظلون حتى فى تسعينياتهم وهم يقودون العربات ويحتفظون بممارسة هواياتهم طول العمر فهل هناك سبب وراثى

لذلك ؟ ما الذى يمتلكه هؤلاء الأفراد ولا يمتلكه سائرنا ؟ وهل هناك سر لإطالة زمن الشباب ، وليس لإطالة سنى العمر فقط؟

يبدو فحسب أن وجود المسنين "الشباب" حالة تسرى عائليا ، وذلك كما يقول توماس بيرلز الذى يعمل اختصاصيا لعلم الشيخوخة فى جامعة بوسطن وهو الذى رأس "دراسة نيوانجلند للمئويين" ، أكبر دراسة تم قط إجراؤها عن دنا الأفراد الذين بلغوا من العمر المائة أو أكثر . وهو أيضا مؤسس شركة "سنتاجينيتكس(= وراثيات المائة)"، وهى شركة فى بوسطن تأمل إيجاد أدوية لتأخير الشيخوخة .

يشير بيرلز إلى صورة لسارة كناوس ، التى ماتت ١٩٩٩ ، وحازت قبل موتها على لقب أكبر النساء سنا فى الولايات المتحدة . وقد التقطت لها الصورة وهى فى سن ١١٩ وبجوارها ابنتها التى بلغت من العمر ٩٥ ، وحفيدها ، وحفيدة ابنتها ، وحفيدة حفيدتها ، وابن حفيدة حفيدتها . كان هناك إجمالا ستة أجيال من آل كناوس وقد جلسوا ساكنين لالتقاط صورة واحدة .

سيشيع وجود الصور المماثلة لهذه الصورة على نحو متزايد. فيتضمن الآن سكان الولايات المتحدة أكثر من ٤٠٠٠٠ من الأحياء الذين وصلوا إلى عمر المائة أو أكثر . (فى ١٩٥٠ كان العدد أقل من ٢٣٠٠). وهذه المجموعة السكانية هى أسرع المجموعات الديموجرافية تزايدا فى القطر .

> أود أن أقول: إن طريقة تناولنا الجديدة للبيولوچيا سوف تقود طريقنا إلى ممارسة طب تنبؤى ووقائى وشخصانى . وهذا تغير فى الممارسة الطبية سوف يؤدى إلى تحول جذرى فى الطريقة التى يزاول بها الطب. لن يقتصر ذلك على أن ينقلنا من أن نكون مرضى لننشغل بدلا من ذلك بالطريقة التى نبقى بها أصحاء ،

ولكن أيضا سيؤدى فيما يرجع إلى إطالة مدى عمر البشر بعشرة أو خمسة عشر عاما.

ليروى هود عالم البيولوجيا

كل شىء عن التيلومير

إذا كان القارئ بأى حال ممن ظلوا يتابعون الأبحاث المضادة للشيخوخة، سيكون قد سمع فيما يحتمل عن التيلومير ولكى أنعش ذاكرة القراء أذكر لهم أن التيلومير قلنسوة صغيرة من دنا على قمة كل كروموسوم ، وكثيرا ما تشبه بالغطاء المعدنى الصغير عند طرف رباط الأحذية الذى يصونه من أن يتنسل .

كان جيمس واطسون العالم المشارك فى اكتشاف دنا ، هو أول من اكتشف التيلومير فى ١٩٧٢ . فبعد أن ظل يراقب بعضا من دنا ، اكتشف أن المادة الكيميائية التى تساعد دنا على صنع نسخ له - وتسمى البوليميريز - لاتبدأ عملها فى كل مرة عند طرف خيط دنا ، وإنما تبدأ عند نقطة بعيدة عن الطرف بعدة قواعد للداخل . وإذن، فإن الكروموسوم حتى يحافظ ، فيما يفترض ، على الجينات القيمة فلا تقطع منفصلة أثناء النسخ ، فيكون لديه خيط من كلمات عند قمته هى ث ث أ ج ج ج تظل تتكرر المرة بعد الأخرى .

فى كل مرة يتم فيها نسخ للكروموسوم يحدث أن تُقطع منفصلة شدفة صغيرة من تسلسل ث ث أ ج ج ج، وهذا أفضل كثيرا من أن تمحى قطعة صغيرة من جين حقيقى. إلا أنه يحدث فى النهاية أن ينفد تيلومير الكروموسوم . وحسب أحد الأرقام ينفد حوالى اثنين وثلاثين من قواعد التيلومير فى كل سنة وهذا هو سبب ما يقوله العلماء من أن الخلايا تتوقف عن أن تنمو وهى سليمة عندما يصل تناقص التيلومير إلى حد معين .[٨]

ولكن هل الناس مثل الخلايا ؟ هل يلزم عليهم أن يشيخوا لمجرد أن بعض خلاياهم قد شاخت ؟

فى ١٩٨٤ اكتشفت العالمتان إليزابيث بلاكبيرن وكارول جرايدجر مادة تسمى التوليميريز . فمن الظاهر ان الهدف منها هو إعادة بناء التيلوميرات، وعلى نحو نمطى، فإن الجينات التى تشفر للتيلوميريز يُوقَف تشغيلها فى كل خلايانا باستثناء خلايا مثل الخلايا الجرثومية، وخلايا الجذع ، وخلايا جريبات (بصيلات) الشعر ، وغيرها من الخلايا التى تواصل الانقسام على أن خلايا السرطان تعرف كيف تعيد ثانية تشغيل جينات التيلوميريز ، وهذا هو السبب فى أن خط خلايا السرطان هو أساسا خط خالد لا يموت .

إذن ، هل يعنى وجود تيلوميرات أكثر طولا أن نجزم بوجود حياة أطول؟ العلماء ليسوا متأكدين من ذلك ، وإن كان الباحثون بجامعة الولاية فى أيوا قد نشروا دراسة فى ٢٠٠٣ يبدو أنها تدعم هذه النظرية. فهناك طائر بحرى وحشى اسمه طائر النوء يصل مدى حياته إلى الخمسة والثلاثين عاما ، وله تيلوميرات أطول بما له مغزاه عند مقارنتها بالطيور الأقصر عمرا .(٩)

هل يمكن أن يكون هناك مجموعات سكانية بشرية لديها أيضا تيلوميرات بالغة الطول ؟ يقول ريتشارد كوثون عالم الوراثة فى جامعة يوتاه: "إن هذا احتمال مثير جدا للاهتمام" . وكما يقول فإن مثل هؤلاء الناس ربما يؤلفون مجموعة صلبة العود يكون لها بوجه خاص عمر طويل.(١٠)

يقول بيرلز: "نحن لانحاول العثور على ينبوع الشباب فإذا كنا نحاول شيئا، فهو أن نعثر على ينبوع لطول العمر مع الصحة".(١١)

وجد بيرلز أن معظم السبعمائة والخمسين فردا الذين أسهموا فى دراسته عن المئويين قد طال بهم العمر وهم فى صحة بكل مقياس . فهو يقول: "لدينا عدد صغير

من الأفراد ، خاصة الرجال ، يستطيعون أداء أى شىء ، فيما عدا أن تُلقى على أجسادهم قنبلة ذرية ، ويظلون وهم يعيشون مع ذلك حتى المائة ".

كما أنهم يأكلون الكثير من الدهن والسكر . ولا يمارسون الرياضة قط. وبعضهم ظل يدخن عدة علب من السجائر يوميا لمدة نصف القرن . (ظلت كالمنت الفرنسية تدخن سجائر بلا مرشح لأكثر من مائة عام من حياتها التى بلغت ١٢٢ سنة) . بل إنهم فيما يبدو يشيخون بمعدل أكثر بطئا . وعندما ننظر إلى الصور التى التقطت لهم خلال كل حياتهم ، سنلاحظ أن المئويين عموما يبدون أصغر من أندادهم فى كل مرحلة من العمر .

> إنهم وحسب يبدون أكثر حيوية . وعندما ننظر إلى صورهم وهم يكبرون ، سنجد أنهم يبدون دائما أصغر من عمرهم كما يُذكر انهم لاغير يشيخون بمعدل أبطأ .

العالم بارد جيسمان وهو يتحدث عن الكثير من المئويين

يقول بيرلز وزملاؤه من العلماء: إنهم متأكدون من أن هؤلاء المسنين لديهم جينات تتيح لهم أن ينجوا من أشياء كفيلة بأن ترسل معظمنا مبكرا إلى القبور . ولكن ماذا تكون؟ وأين تكون ؟

من المرجح عموما أن هناك شبكة واسعة من الجينات تساعد أناسا على أن يعيشوا لأعمار بالغة الكبر ، كما يقول بيرلز . فربما يكون مفعول بعض الجينات أنها تبطئ الشيخوخة خلال العمر كله .

يقول بيرلز: أن هذه الجينات لم يتحدد بعد موضعها، قد ظهرت حسب أبحاثه جينات قليلة لها علاقة بالعمر. يقع أحدها عند المنتصف تماما من كروموسوم ٤ .

ويسمى بالجين الميكروسومى(*) لنقل البروتين ، وفيما يظهر فإنه يتحكم فى كمية الكوليسترول التى تسد الأوعية الدموية.

إذا كان المرء لديه هذا الجين – وهو واحد من الجينات التى يسميها بيرلز بأنها "صواريخ التعزيز الوراثية" – يكون من الأرجح أنه سيعيش لعمر أطول . وفى حين أن هذا الجين ليس مفتاحا للتشغيل والإيقاف ، ولكن يبدو أن له وجوده بالفعل فى المئويين بمعدل من الظاهر أنه أكثر مما فى أفراد السكان بعامة . وربما يكون لهذا الجين مفعوله فى أن يقلل ، أو على الأقل أن يبطئ ، من بداية ظهور تلك الأمراض التى لها علاقة بكبر السن مثل الزهايمر ، والسكتة الدماغية ، ومرض القلب ، والسرطان، وذلك كما يقول بيرلز:(١٢)

> مازال مما ينتظر التأكيد أن نعرف ماذا سيحدث عندما يجاوز المرء مثلا حد عمر المائة والعشرين ، وهل سيتمكن عندها من أن يكون بالصحة الكافية لأن يعيش حياة من نوع طيب .

عالم الشيخوخة ليونارد بون

بداية معزَّزة للأبحاث

أوبرى دى جراى عالم وراثة فى جامعة كمبردج ، وهو يقول: "عندما نتمكن فى النهاية من أن نزيد أعمارنا زيادة لها مغزاها ، سوف تنظر إلى الوراء لنسأل سؤالا افتراضيا: لماذا لم نفعل ذلك بسرعة أكبر ؟ (١٣)

(*) الميكروسوم أحد أنواع الحبيبات الدقيقة فى بروتوبلازم الخلية . (المترجم)

لعل دى جراى هو أجرأ البيولوجيين فى العالم فى صراحته . فيبدو دى جراى بشعره وذقنه اللذين يصففهما على منوال راسبوتين ، وكذلك بسلوكه الانجليزى، يبدو بمظهر يتناقض مع صغر سنه نسبيا فى مجال تخصصه، فهو فحسب فى الأربعين من عمره . وهو مهيج دولى للجماهير، وناقد لا يرحم لما يغلب على المؤسسة الطبية من التناول المتحفظ لمقاومة الشيخوخة .

تصدر دى جراى العناوين فى الإعلام بدعاواه التى تتجاوز الحدود ، عن أن المستثمرين من الرأسماليين هم وشركات الأدوية لا يستثمرون أموالا كافية فى أبحاث مقاومة الشيخوخة . وهو يقول أن سبب ذلك أساسا هو أنه لايوجد فى هذا البحث أرباح على المدى القصير .

يقول دى جراى: "لايوجد لهذا أى تمويل . ولكن إذا أمكننا إجراء ذلك بالنسبة للفئران فى أن نزيد سنوات حياتها زيادة لها مغزاها سيكون فى هذا نتيجة جد مثيرة حتى أنها ستقدح الزناد لحرب تُشن فى التو على الشيخوخة".

> نحن نعرف الآن كل العمليات التى تؤدى للشيخوخة معرفة جيدة تكفى لأن نصوب أبحاثنا ليكون الهدف الذى تسدد له هو الشيخوخة . فعندما نريد أن نعالج منظومة معقدة يكون علينا لا غير أن نتفهم قدرا محدودا منها ، ولا يكون علينا أن نتفهمها كلها .

عالم الوراثة والشيخوخة أودري دي جراى

أنشأ دى جراى وزملاؤه لهذا الهدف "جائزة فأر ميتوشالح" التى سميت على اسم الشخصية التوراتية التى يُزعم أنها عاشت ٩٦٩ من السنين . هذه الجائزة يحتمل أن تصل قيمتها إلى عشرات الآلاف من الدولارات ، ويجب على العلماء الذين يأملون الفوز بها أن يتوصلوا إلى فأر التجارب المعملية الذى يعيش لأطول عمر . (هناك جائزة

ميتوشالح أخرى ستمنح إلى الفأر الأطول عمرا بعد تدخل متأخر - أى أن العلماء لم يتدخلوا لمعالجته إلا بعد أن انتظروا وصوله لسن البلوغ) .

الحياة حتى الخمسمائة : خطة من سبع نقاط

يقول أوبرى دى جراى الذى يعمل بجامعة كمبريدج: إن أفضل طريقة لمد حياة الإنسان هى أن نصلح الأمور عند وقوع الخلل ، وليس أن نحاول إبطاء عملية الشيخوخة كلها . ويقول: إن هذه هى طريقة تناول المهندسين . هاكم الخطة مبعث الخلاف التى وضعها دى جراى فى سبع نقاط وأخذ يروج لها بين علماء بيولوجيا الشيخوخة . وهو يقول: لنتعلم إصلاح هذه الأمور وعندها سوف نتمكن بالفعل من أن نعيش للأبد .

١ - "العلاج الخلوى" : أن نعوض الخلايا المفقودة فى الأنسجة التى تنحو إلى فقدان الخلايا (مثل القلب وهو يشيخ ، أو المخ فى حالة الزهايمر، أو مرض باركنسون)(*).

٢ - "العلاج الجينى المستهدف" : إزالة الجينات فى الأورام التى تسبب إطالة التيلوميرات، والحفاظ على إطالة التيلوميرات فى الأنسجة السريعة التجدد التى تحتاج لذلك مثل: الدم ، والجلد ، والأمعاء .

٣ - "العلاج بإيلاج الجينات" (الجزء الأول) : إحلال جينات الميتوكوندريا التى تشفر لثلاثة عشر بروتينا ، لنضع مكانها جينات خالية من أى عيب بحيث إن الطفرات التى تحدث فى دنا الميتوكوندريا (وتمرر من خلال الخط الأموى) لن تتمكن من الإضرار بنا .

(*) مرض باركنسون ينتج عن تلف فى خلايا المخ يصيب كبار السن ويؤدى للشلل الرعاش مع تصلب فى العضلات وارتعاش فى الأيدى ... إلخ . (المترجم)

٤ – "العلاج بإيلاج الجينات" (الجزء الثانى) : إضافة جينات بكتيرية أو فطرية، مثل تلك التى توجد فى التربة ، لتؤدى إلى تحلل المواد التى تنحو إلى التراكم والإنقاص مدى الحياة . فالجينات من هذا النوع ستشفر لبروتينات تؤدى لتحلل الكولسترول الذى يسد الشرايين – مثل نوع (A2E) الذى يسبب الضمور البقعى(*) – والبروتينات المختلفة التى تسهم فى تلف المخ .

٥ – "العلاج المناعى" : تدمير الخلايا الشائخة لحد بالغ . فبعض هذه الخلايا تصير خلايا مسرطنة نشطة . فعلينا لاغير أن نتخلص منها .

٦ – "العلاج المناعى أو الطبى" : العمل على تحلل المواد النشوانية amyloid، تلك النفايات اللزجة التى تتراكم بين جدران الخلايا مع زيادة العمر ، وخاصة فى مخ مرضى الزهايمر .

٧ – "العلاج الطبى" : العمل على تحلل روابط الجلوكوز التى تتشكل عشوائيا بين الجزيئات التى طال عمرها والتى تزيد من خشونة الجلد والأنسجة الأخرى .

سيكون أول حاجز يقفز العلماء من فوقه هو أن يجعلوا الفأر يعيش لعمر خمس سنوات على الأقل ، بدلا من عمر السنتين الطبيعى . فلقد أجرى أندريج بارتك الذى يعمل فى المدرسة الطبية بجنوب إلينوى بحثا على فأر اسمه جى اتش أر– كو١١سى (ويختصر إلى ١١ سى) وأمكنه بالهندسة الوراثية لهذا المخلوق أن يجعله يعيش لمدة ١٨١٩ يوما ، بما يقل هونا عن خمس سنوات . ويرادف هذا ١٥٠ – ١٨٠ سنة بالنسبة إلى الانسان . ولكى ينجز بارتك ذلك هندس الفأر (١١سى) باستخدام جين يُنقص إنتاج الأنسولين فى الحيوان ، بما أدى إلى إقلال تلف الخلايا المتعلق بالسن. (١٤)

(*) خلل وظيفى فى شبكية العين يؤدى إلى سوء الإبصار أو العمى . (المترجم)

عند سن العشرين يكون الإنسان طاووسا ، وعند الثلاثين أسدا،
وعند الأربعين جملا ، وعند الخمسين ثعبانا ، وعند الستين كلبا،
وعند السبعين قردا ، وعند الثمانين لاشيء.

بلتاسار جراشيان

عندما تُستوعب هذه التصورات يحس دى جراى ، كما يقول ، بتفاؤله من أننا سنمد حياة الإنسان خلال العقود التالية إلى عمر المائة والعشرين أو حتى المائة والثلاثين .

يقول دى جراى: " نحن نعرف الآن كل العمليات التى تؤدى إلى شيخوخة معرفة جيدة تكفى لأن نصوب أبحاثنا ليكون الهدف الذى تسدد له هو الشيخوخة . فعندما نريد أن نعالج منظومة معقدة يكون علينا لاغير أن نتفهم قدرا محدودا منها، ولا يكون علينا أن نتفهمها كلها".[١٥]

ويضيف القول: " إذا أمكننا أن نجعل العمر المتوقع يزيد لثلاثة أمثال عمر الخمسين سنة سنكون قد اقتربنا إلى حد كبير مما نريد" . ومعنى ذلك ، أنه يحدث الآن نمطيا أن من بلغ الخمسين يمكنه أن يتوقع أن يعيش ثلاثين سنة أخرى ، وإذا أمكننا أن نزيد السنين الباقية له لثلاثة أمثال ، سيكون لدى العلم عندها الوقت الكافى لأن يلحق حتى بوسائل علاج أفضل وأكثر دواما .

الحيلة البارعة ستكون كما يقول "إصلاح الضرر إذ يقع ".

إنه لما يثير الأسى أن نشيخ ، إلا أن النضوج أمر طيب .

الممثلة والناشطة اجتماعيا بريجت باردو.

طريقة تناول المهندسين

ينادى دى جراى أساسا بطريقة تناول للشيخوخة تماثل "طريقة تناول المهندسين". فبدلا من محاولة إبطاء عملية التدهور ، سيكون الحال أفضل عندما يحدث ببساطة أن نصلح التلف عند وقوعه . وهذا يماثل الطريقة التى نحافظ بها على منزل قديم بإصلاحه جيدا . وهكذا نرمم السقف عندما يحدث تسرب منه، ونطلى المنزل عندما يحتاج لذلك، ونحسن نوعية شبكة الأسلاك كل عدة عقود قليلة من السنوات.

يقول دى جراى: "يعنى هذا أننا ينبغى أن نتمكن فى الوقت المناسب من أن نتعامل مع الأفراد الذين أصبحوا بالفعل فى منتصف العمر أو أكثر ونجدد لهم شبابهم. سيحدث فى أول الأمر أننا سنتمكن فقط من إنجاز ذلك بطريقة غير مكتملة ومنقوصة، ولكن هذا سيكون فيه ما يكفى لزيادة مدى العمر قليلا . وبمضى الوقت سنتقدم تدريجيا لأفضل من ذلك .

"الحقيقة أننا سوف نتحسن بمعدل متسارع (مثلما يحدث فى كل التكنولوچيا). ويعنى هذا أننا فى النهاية سنكون أفضل فى إصلاح الشيخوخة بمعدل أسرع مما يمضى به الوقت . سوف نواجَه بأشياء جديدة يصيبها التلف ونحن فى أعمار كبيرة، ولكننا سوف نصلحها بأسرع مما تنشأ" . للوصول إلى هذا الهدف عيّن دى جراى سبعة "خطوط" أو مناطق ليركز عليها مهندسو الشيخوخة فى المستقبل . وهى تتراوح بدءا من تحوير الجينات للإقلال من معدل وقوع حالات السرطان ، ووصولا إلى إحلال الخلايا التى نخسرها بسبب مرض القلب أو مرض باركنسون.

ويقول جراى: "لولا وجود القرود لربما كان هذا صعبا . فهى تماثلنا تماثلا خرافيا وهى عرضة لأن تشيخ بسرعة تصل على الأقل لضعف سرعتنا . وإذن ، فنحن لا نعرف بعد ما الذى سيموت به البشر الذين سيبلغ عمرهم المائتى عام ، ولكننا

لن نحتاج إلى معرفة ذلك قبل أن يكون لدينا بعض أفراد من هذا العمر فعند حلول ذلك الوقت ، سيكون قد أصبح لدينا منذ بعض زمن قرود قد بلغت سن المائة والتى كنا نعالجها بالطريقة نفسها التى نعالج بها أنفسنا : تغذية ضارة بدون رياضة بدنية، ولكننا نستخدم معها كل تكنولوچيا مد العمر التى نستخدمها لأنفسنا . ولما كانت هذه القرود ستكون قد ظهر عليها الأعراض نفسها التى ستظهر على البشر الذين سيبلغون عمر المائتين من السنين ، فسنكون هكذا قد أمضينا زمنا طويلاً فى إجراء الأبحاث على إصلاح (هذه الأعراض) فى القرود عند حلول الوقت الذى تصيب فيه البشر. وعندما يحدث ذلك ، سنكون قد عرفنا من قبل طريقة إصلاحها جيدا . وبحلول الوقت الذى يصل فيه أول أفراد البشر إلى (عمر) الثلاثمائة ، سيصدق على هذا العمر نفس الأمر بل يكون ذلك حتى فى زمن أسبق بكثير.

كم من الكئيب أن يكون هناك توقف ، وأن يكون هناك انتهاء/
الصدأ بلا لمعة ، فقدان التألق بالاستخدام ! ؟ وكأن استنشاق
الأنفاس هو الحياة!

ألفريد لورد تنيسون ، فى عوليس

يقول دى جراى: " الأمر كله (يعتمد) على أن القرود تصاب بالمشاكل نفسها التى تصيبنا ، ولكن ذلك يحدث لها فى عمر أقل من نصف عمرنا ، على أن هذا افتراض سليم إلى حد كبير".

حسب رؤية دى جراى ، سيصل العلماء فى النهاية إلى نوع من "سرعة الإفلات"(*) وهى الحد الذى يمكن عنده لأى فرد له القدرة على التوصل إلى أحدث

(*) سرعة الإفلات مصطلح عن سرعة الصواريخ التى تقلت بها من أسر الجاذبية الأرضية . (المترجم)

رعاية طبية أن يعيش إلى ما يكاد يكون عمرا بلا حدود . "عند هذا الحد سنموت فقط من الحوادث ، والحروب ، وجرائم القتل ، الخ".[١٦]

الدخول فى الأشغال المالية لينبوع الشباب

يعمل بروس إيمز بجامعة كاليفورنيا فى بيركلى ، وهو العالم الذى سُمى باسمه اختبار إيمز ، وهو اختبار فرز السرطان الذى يستخدم فى العالم كله . ولكنه الآن معروف أيضا كمؤسس لشركة "جوفينون (=الشبابية)" ، وهى شركة تقف وراء العديد من إنشاء مشاريع للقطاع الخاص لمقاومة الشيخوخة بالبحث عن ينبوع الشباب . وتدرس شركة جوفينون تأثير توليفة من أسيتايل الكارنيتين وحمض الليبويك – مادتان من مواد الإضافات الغذائية – وذلك فى تجربة إكلينيكية على مرضى القلب.

يندفع الباحثون ضد الشيخوخة فى أفواج إلى هذه المشاريع ، وتتفجر طاقاتهم فى كل أنحاء القطر .

أما شركة "بيوماركر الدوائية" فى كامبل بكاليفورنيا ، فهى تتبع طريق تحديد السعرات الحرارية . فلقد بينت الأبحاث أن تحديد السعرات تحديدا شديدا فى الفئران يؤدى إلى إطالة عمرها ، وبناء على هذه الأبحاث تحاول "بيوماركر" التوصل إلى أدوية تضاعف من فوائد التغذية بمستوى يقارب الجوع دون تعرض الأفراد له . وتتبع ذلك أيضًا شركة "لايف جن تكنولوچيز" فى ماديسون بولاية ويسكونسين . تبحث هذه الشركة أيضًا عن الطريقة التى يُحدث بها تحديد السعرات مفعوله فى تعبير الچينات ، والطرائق التى قد يمكن بها للدواء أن يحاكى ذلك.

فى حين أن شركة "الكسيرالدوائية " قد دخلت فى مشاركة مع شركة كبيرة فى هامبورج ، هى شركة "إيفوتك" التى تتخذ مقـــرها فى ألمانيا ولها خبرة بالكيمياء

الطبية . والهدف هنا هو التوصل إلى أحد الأدوية، من بين أدوية أخرى ، ربما يكون له مفعول على ما يسمى مسار "آى جى إف(١) IGF 1"، وهو مسار فى الإنسان يماثل تقريبا مسار "داف" الفعال فى الديدان الطافرة فى معمل سينثيا كينيون.

إبطاء الشيخوخة إلى أجل غير محدد

ريتشارد ميللر عالم لبيولوجيا الشيخوخة فى جامعة ميتشيجان ، ولديه منظور آخر.

"معظم الفتيان وهم ينمون ، يمرون بمرحلة تكون فيها فكرة الوصول للشيخوخة والموت فكرة مخيفة حقا ... أنا أيضا مررت بهذا . ومعظم الناس تزول عنهم هذه الفكرة عندما يكبرون ، ولكنها لم تنمحى عندى ... فعندما تكون مهتما بالألغاز العلمية، والأمور التى لم تُحل بعد ، أمور يحتاج الناس حقا إلى استخدام حدسهم لاكتشاف ما تكونه الطريقة المهمة لحل اللغز، سنجد أن لغز الشيخوخة يقبع هناك مباشرة فى القمة من القائمة مثلما كانت بيولوچيا السرطان فى القمة منذ خمسين سنة أو مثلما كانت الأمراض المعدية منذ مائتى سنة".[١٧]

فى حين يتفق ميلا مع دى جراى فى أن معظم العلماء متشائمون بشأن أبحاث إطالة العمر وأن هناك حاجة شديدة لمزيد من التمويل ، إلا أنه لا يعتقد أن إصلاح الأمور التى يصيبها الخلل قد يمد الحياة بالحد الكافى . ويقول: إن الأبحاث تبين أن المرأة المتوسطة ستعيش فقط لسن ٩٥ لو كان فى الإمكان إصلاح أمر السرطان، والسكتة الدماغية، ومرض القلب، والسكرى. ولكننا لو استطعنا إبطاء شيخوختها - كما فعل بعض العلماء بالفئران عن طريق تحديد سعراتهم إلى مستوى تغذية يقرب من الجوع يكون من المحتمل عندها أن تعيش المرأة لسن ١١٥ ، وستكون أساسا فى صحة جيدة حتى النهاية .

إن فكرة أن الناس يستطيعون أن يعيشوا زمنا أطول كنتيجة للتحديد الشديد للتغذية، هي فكرة تأسست على بحث أجرى في ١٩٣٥ بجامعة كورنيل . فلقد اكتشف العلماء هناك أن الجرذان التي حُددت سعراتها الحرارية تعيش لزمن أطول من الجرذان التي تُغذى بالوجبات المنتظمة . وظهرت في السنوات الخمس والستين الأخيرة مئات من الدراسات الأخرى التي تبين نتائج مماثلة ، وأنفقت منظمات مثل المعهد القومي للشيخوخة العديد من ملايين الدولارات سنويا على الأبحاث المتعلقة بذلك . وربما يكون تكنيك إطالة العمر بتحديد السعرات تكنيكا ناجحا لأنه يخفض مستويات السكر في الدم، ولكن العلماء يقولون: إنهم لا ينصحون بأن يتّبعه البشر؛ فهو ينحو لأن يجعلهم في حال من الشقاء . على أي حال كثيرا ما يكون من الأهداف المطلوبة عند أختصاصي مقاومة الشيخوخة التوصل إلى دواء يضاعف من تأثير خفض سكر الدم.

يقول ميللر: "لدى عموما ميل لفكرة إصلاح الأشياء . فعندما يكون لدى أحدهم ذراع مكسور يكون تجبيسه هو الإجراء المناسب ، وعندما يكون لدى أحدهم سرطان، فإن استئصاله يكون فكرة طيبة . ولكنني أرى أن لاشيء من هذا له علاقة كبيرة بأبحاث الشيخوخة . فهناك أشياء كثيرة كثرة بالغة يصيبها الخلل ، ويكون ذلك في الوقت نفسه تقريبا عند الأفراد المسنين (مثل الفئران التي تبلغ عامين من العمر، والكلاب التي تبلغ العاشرة ، والمسنين من البشر الذين يبلغون السبعين)، وبالتالي فإن فكرة أن هناك من يستطيع بطريقة ما إصلاح كل ذلك تبدو لي فكرة مغرقة في الخطأ ، خاصة وأننا حتى هذا الوقت ليس لدينا أي أفكار جيدة حقا حول طرائق إيقاف أي من المشاكل المهمة؛ السرطان ، والزهايمر ، والسكري ، ونوبات القلب ، وكسور عظمة الفخذ ، ومشاكل أخرى كثيرة ".

يواصل ميللر القول: "الشيء الطيب بشأن المحاولات المضادة للشيخوخة هو أنها، كما يحدث في محاولات مثل تحديد السعرات وبعض الطفرات الجينية ، تؤدي بطرائق غير معروفة إلى أن تؤجل أو تؤخر في الوقت نفسه ما يقرب من أن يكون كل

التأثيرات الضارة للشيخوخة . وإذن؛ ففى اعتقادى أن من الأفكار الطيبة أن نتعلم المزيد عن الطريقة التى تعمل بها الشيخوخة لإنتاج الأمراض والإعاقات فى العمر الكبير ، وذلك حتى نكون قادرين فيما يحتمل على أن نكتشف طريقة لتأخير هذه العملية ونبقى أحياء وأصحاء لزمن أطول.(١٨)

يتفق ميللر مع دى جراى أيضا فى أن إحدى أكبر المشاكل التى تواجه أبحاث الشيخوخة هى نقص التمويل .

> الشيخوخة هى فى أساسها تأثير جانبى لكوننا أحياء . يموت بالشيخوخة مايزيد عن ١٠٠٠٠٠ من الأفراد يوميا .

عالم بيولوجيا الشيخوخة أوبري دي جراي

يقول ميللر ، "أعتقد أنه لو كان فى الإمكان سياسيا تخصيص تمويل لأبحاث الشيخوخة من نوع مماثل للتمويل الذى يُنفق فى أبحاث الزهايمر ، أو الإيدز ، أو سرطان الثدى ، أو ١٠ فى المائة من النقود التى تُنفق فى شراء مستحضرات التجميل، وتصل إلى ٤٥ بليون من الدولارات سنويا فى الولايات المتحدة – سيكون لدينا خلال عشرين إلى ثلاثين سنة بعض أفكار جيدة إلى حد كبير عن طريقة تأخير الشيخوخة فى الناس . والواقع أن اختبار هذه الطرق للتناول على الناس سوف يستغرق جيلا ، وإن كان اختبار الحيوانات الأليفة (كالكلاب مثلا) سيكون أسرع بما له قدره".(١٩)

عقبة غير متوقعة لأبحاث الشيخوخة

كما رأينا فى هذا الفصل ، فإن علماء بيولوچيا الشيخوخة يطرقون كل موقع على الخريطة بنظرياتهم؛ بحثا عن وسائل علاج مضبوطة تنجح فى تأخير الشيخوخة وإطالة عمر الإنسان. إلا أن إحدى أكبر العقبات التى يواجهونها هى موقف الناس تجاه

الأبحاث . يسمى ريتشارد ميللر عالم بيولوچيا الشيخوخة هذا الموقف بأنه؟ "رهاب علم الشيخوخة" .

يقول ميللر: "هناك نزعة جماهيرية لاعقلانية تعتبر أن الأبحاث على أمراض العمر المتأخر أمرا رائعا ، ولكنها تعتبر أن الأبحاث على الشيخوخة ، وبالتالى الأبحاث على أمراض العمر المتأخر كلها معا ، تشكل خطرا عاما يتحتم معه، إنتاج عالم ملئ بمواطنين مسنين غير منتجين ، ومعوقين على نحو مزمن ، يحسون بالتعاسة ويستهلكون مواردا بأكثر مما ينتجون" . ثم يضيف القول بأن هذه الحجج نفسها قد أدلى بها منذ ٢٠٠ سنة ، وضد البنسلين ، والتخدير فى الجراحة ، ونظم الصرف الصحى.

وحسب ما يقوله أوبرى دى جراى: "(توجد) حجج بالغة الكثرة تقال عن السبب فى أن الشفاء من الشيخوخة قد لايكون فكرة طيبة ... ولكن هذا مجرد عكاز يساعد الناس على ألا يغتاظوا بشأن إدراكهم لتعذر تنفيذ ذلك . ستنسى هذه الحجج كلها بين عشية وضحاها عندما تتحقق أوجه تقدم كبيرة ... " .

حسم الرهان

يثق ستيفن أوستاد كل الثقة فى أنه سيكسب رهانه مع جاى أولشانسكى حتى أنه يتحدث عن رفع مبلغ الرهان . ويدور الرهان حول أنه مع حلول عام ٢١٥٠ سيكون فى العالم شخص واحد على الأقل قد بلغ عمره ١٥٠ عاما ، وسيصل الرهان بالفائدة المركبة لما يقرب من ٥٠٠ مليون دولار عندما يحين وقت حسمه .

يقول أوستاد: "سيحصل ورثتى أو سلالتى على كل نقود الرهان ، أو أننى فى أفضل الأحوال سأحصل أنا على النقود كلها . أعتقد أن هذا رهان سهل الكسب . فنحن ننجز تقدما بالغ السرعة فى فهم الشيخوخة . ونستطيع الآن أن نجعل الفئران

تعيش لأطول بستة أمثال مما تعيشه بالفعل على وجه طبيعى . وأنا مقتنع بأنه فى خلال السنوات الخمسين التالية سوف تتاح لنا بعض علاجات مهمة (ضد الشيخوخة)".

لدى أجداد وآباء تتزايد أعمارهم . وفى وسعى أن أرتبط فى علاقة بهذه الابحاث وأن أرى نفسى وأنا مازلت أعمل فى هذا المجال بعد عشرين سنة .

عالمة الوراثة سينثيا كينيون

كيف سيحدث ذلك ؟ يعتقد أوستاد أنه من بين كل طرائق التناول التى يتخذها العلماء حاليا ، فإن الطريقة التى تتبعها شركة التكنولوچيا الحيوية المسماة "الكسير الدوائية" ، هى الطريقة الأكثر إثارة للاهتمام . وتتضمن طريقة تناول شركة "الكسير" احتمال أن تتمكن من أن تعدل بالأدوية مسار "آى جى إف (١)" فى البشر (الذى يرادف مسار جين "داف" فى الديدان طويلة العمر فى معمل سنثيا كينيون) .

يخمن أوستاد أنه خلال عشرين أو ثلاثين سنة سيكون العلماء قد قطعوا شوطا كبيرا فى تجارب الحيوانات . ويقول: "سنكون قد اكتشفنا المزيد من طرائق كثيرة لجعل (حيوانات المعمل) تحيا لزمن أطول . ولكن الحياة لزمن أطول ليست الشىء نفسه مثل إبطاء عملية الشيخوخة ".

ويضيف أوستاد: إننا عندها سنكون مهيأين لأن نعطى ذوى العمر الطويل "نوع الحياة الذى يريدونه ". وسيتطلب ذلك استيعاب فهم "السيمفونية الوراثية المعقدة " التى تجرى فى جسدنا ، بحيث يلزم لمئات من الچينات التى لها علاقة بالشيخوخة أن تنتج منتجاتها الچينية ، ويجب أن يتم تنسيق دقيق لكل شىء حتى يعمل جيدا بنجاح.[٢٠]

هذه مهمة صعبة ، ولكن أوستاد يتنبأ بأن شخصا واحدا على الأقل سيصل إلى هدف المائة والخمسين سنة بحلول ٢١٥٠ . وهو واثق من ذلك .

مالدينا من حقائق :

الحقيقة (١) : نصف الفتيات الأمريكيات المولودات فى هذا العام سوف يتجاوز عمرهن ١٠٠ سنة ، كما يقول بعض العلماء.[٢١]

الحقيقة (٢) : يوجد على الكروموسوم ١٤ البشرى جين اسمه "تيب ١ = TEP 1" يشفر لبروتين يشكل جزءا من أحد المواد الكيميائية يسمى التيلوميريز . فتتحول بعض الخلايا إلى خلايا خالدة عند إعطائها ما يكفى من التيلوميريز . فيبدو هذا كأنه أمر طيب ، ولكن خط الخلايا المعروف باسم السرطان يحتاج أيضا للتيلوميريز من أجل مشروعه الخاص للخلود .

الحقيقة (٣) : لما كانت خطوط خلايا السرطان خالدة ، فإنها تفيد العلماء فى تجارب المعمل . فيستنبت العلماء خطوط هذه الخلايا ويعطون لها الأسماء . وأحد أكثر هذه الخطوط إنتاجا ما يسمى خط خلايا "هى لا (= He La)"، الذى استُمد من ورم من امرأة فى بالتيمور اسمها هينريتا لاكس ، ماتت من سرطان عنق الرحم فى ١٩٥١, يوجد الآن كثرة بالغة من خلايا "هى لا" فى العالم حتى أنه قد ورد فى تقرير أنها تزن أكثر من ٤٠٠ مثل لما أنتجته لاكس وهى حية.[٢٢]

الحقيقة (٤) : يتضمن سكان الولايات المتحدة الآن أكثر من ٤٠٠٠٠ من الأفراد الأحياء الذين بلغوا سن المائة أو أكثر . وبالمقارنة بسنة ١٩٥٠ كان فى تلك السنة عدد من المئويين الأحياء يقل عن ٢٣٠٠ . ونجد اليوم أن مجموعة عمر المائة وأكثر هى أسرع المجموعات الديموجرافية نموا فى القطر .

الحقيقة (٥) : فيما يبدو فإن الحيوانات التى لها أقل عدد من المفترسين تبقى حية لأطول مدى .

الحقيقة (٦) : يوجد جين عند منتصف كروموسوم ٤ البشرى ، يسمى الجين الميكروسومى لنقل البروتين ، يشفقر لبروتين يساعد الشرايين على أن تظل خالية من الانسدادات . فإذا وجد شكل معين مغاير من هذا الجين يكون لصاحبه فرصة أفضل لأن يحيا لزمن أطول حسب ما يعتقده بعض العلماء .

الحقيقة (٧) : فى حين تبدو الشيخوخة كإحدى حقائق الحياة ، فإنها ليست حقيقة فى الحياة كلها . فمن الظاهر أن بعض البكتريا تكون خالدة. وبعض الحيوانات الكبيرة مثل تمساح القاطور الأمريكى (الليجاتور) وسمك الفلوندر المفلطح هى فيما يبدو خالدة على نحو أساسى . فهى لا تصل أبدا إلى "حجم البلوغ" . وبدلا من ذلك فإنها فحسب تواصل النمو ولا يبدو عليها قط ظاهريا أى علامة للشيخوخة. والسبب فى أننا لا نرى تماسيح من هذا النوع تصل إلى حجم خرافى وتجوس فيما حولها ، هو أنها تموت لأسباب أخرى ، مثل الحوادث .

الفصل السابع

الإطباق على السرطان

دعنا نسميه باسم "ريك" . كان ريك فى الثالثة عندما قُتل كنيدى بالرصاص ، وكان فى الثلاثين عندما حاز أول عنوان لبريده الإلكترونى ، وفى الحادية والأربعين فى عام انهيار برجى " مركز التجارة العالمى " .

وُلد ريك فى ١٩٦٠ وشهد بعضا من أعنف الأحداث الساحقة فى التاريخ - وبعضا من أهم أوجه التقدم التكنولوچى فى التاريخ . ولا يزال هناك المزيد مما سوف يأتى .

سيبلغ ريك فى ٢٠٢٥ الخامسة والستين من عمره، وبهذا ينال لقب المواطن المسن فى الوقت المناسب بالضبط لأن يجنى مزايا علم الوراثة ، والچينوميات ، والمعلوماتية الحيوية والنانوتكنولوچيا . ويتنبأ بعض العلماء ، أنه بحلول ذلك الوقت سوف يرتدى ريك رقيقة چينية جد صغيرة تحت جلده تئز وتومض عند أول علامة للسرطان .

ستُدس هذه الرقيقة بأمان تحت الجلد على مسافة ميلليمترين بجوار مرفقه الأيمن وربما تكون مشحونة بواسمات ميكروسكوبية . ويمكن لهذه الواسمات أن تتحد كيماويا مع دنا الموجود فى دمه ، وتكون وظيفة هذا الدنا أن يعمل كعلامة إنذار مبكرة للطفرات الوراثية المعروفة بالذات بالنسبة إلى ذلك السرطان .

ولعلها ستومض ذات صباح ، فيتوجه مباشرة إلى طبيبه الذى سيحلل دمه ليستنتج بالضبط أى دواء يصفه له . هذا الدواء - الذى يحتمل أن يكون حبّة - سيستهدف مباشرة هذا الورم الذى عاد للظهور، ويترك باقى خلايا ريك السليمة صحيحة .

النمو من أجل النمو هو أيديولوچية خلية السرطان .

المؤلف إدوارد آبى

أهذا خيال علمى ؟ أكيد . إلا أن هذه الرؤية ليست مما يستبعد وقوعه.

كانت كارول سيكورا الرئيسة السابقة "لبرنامج السرطان بمنظمة الصحة العالمية"، وقد قالت لأحد الصحفيين:[١] "الأمر كله له علاقة بما سيأتى إلينا من تكنولوچيا التليفون الرقمى ، مع البيولوچيا المعلوماتية ، ومع الوراثيات . سيدور المستقبل حقا حول ذلك الصندوق الأسود الصغير - تلك الماكينة التى ستُغذَّى فى داخلها بكل المعلومات عن چيناتك وسلوكك". هكذا حدثته سيكورا وهى تشرح الفكرة. "سوف تخرج من الماكينة ورقة مطبوعة تخبرك عما سيكونه العلاج الصحيح، وسوف يختلف هذا بالنسبة إلى كل فرد مريض " .[٢]

حين اخترع ليروى هود الماكينة الأوتوماتيكية لتحديد تتابع الچينات فإنها مكّنتنا من رسم خريطة الچينوم البشرى ، وسيحدث بمثل ذلك تماما أن يكون لتلك التطورات التى لم نرها بعد تأثيرها فى علاج السرطان.

ما يحدث بالفعل هو أن الأبحاث فى تكنولوچيا الرقائق البيولوچية ، مضافا إليها أوجه التقدم فى الأدوية التى تصيب أهدافا مخصصة مثل دوائى "هيرسبتين" و"جليفيك" ، كلها تشير إلى مستقبل حيث نجد على أقل القليل أن أشكالا كثيرة من السرطان يمكن علاجها بل وتناول أمرها حسب المواصفات الفردية .

العصر الذهبى لأبحاث السرطان

أخذ الكثيرون من باحثى السرطان يفقدون الأمل فى ١٩٩١ من أن البشر سيمكنهم بأى حال إعلان أى انتصار فى "الحرب ضد السرطان" التى أعلنها ريتشارد نيكسون منذ عقدين من السنين بضجة هائلة . فمن المؤكد أن معدلات البقاء على قيد الحياة وقتها لم تكن أفضل مما كانت عليه فى ١٩٧١ . وكلما زاد ما يعرفه العلماء عن السرطان زاد إدراكهم بأنه ليس كما توقعوا من أنه مرض بسيط وإن كان رهيبا.

ثبت فى النهاية أن السرطان أكثر من أن يكون مجرد خلايا غير قادرة على أن تتوقف عن النمو . فالسرطان مجموعة من عشرين أو أكثر من الأمراض ، بعضها وراثى ، وبعضها تسببه الفيروسات ، أو الطفرات التى تسببها الكيماويات ، أو ضوء الشمس ، أو التدخين .

إلا أن باحثى السرطان أصبحوا الآن متفائلين لأول مرة منذ عدة عقود . ويأمل معظم الباحثين أن أبحاث السرطان هى أكبر مستفيد من رسم خريطة الچينوم البشرى[٣] . ويتفق مع هذا الرأى فرنسيس كولنز رئيس "مشروع الچينوم البشرى". "أعتقد أن الكثير من الفوائد الأكثر تبكيرا سيتم حصدها فى مجال السرطان، وكم نرحب بذلك! بل إن هذا يحدث بالفعل ... باستخدام "المصفوفات الميكرو" لتقرير مَن مِن مريضات سرطان الثدى يحتجن إلى علاج إضافى كيماوى ، أو لإدخال (الجليفيك) لعلاج الليوكيميا النخاعية المزمنة . ولقد أدى البحث الشاق الذى أجراه فريق من العلماء المتفانين إلى إتاحة تصنيف قائمة للچينات المتعلقة بالسرطان ، مما جعل هذا المجال مهيأ وجاهزاً لطريقة تناول چينومية للتشخيص ، والوقاية ، والعلاج . وسيحدث بالنسبة لأمراض أخرى - مثل السكرى ، ومرض القلب ، والربو ، والذهان، فهى فى النهاية ستستفيد أيضا فائدة عميقة ، فإن ما لدينا من أساس معرفى لها لهو أساس أقل من أن نبنى عليه ، ولذا سيحتاج أمرها لزمن أطول" .

> سوف نفهم السرطان فهما جيدا جدا فى السنوات العشر القادمة. وسوف يتم شفاء أنواع معينة من السرطان شفاء كاملا.

العالم دافيد جالاس

يتنبأ المعهد القومى للسرطان بأنه بحلول ٢٠١٥ سوف نشهد "التخلص من الموت والمعاناة بسبب السرطان"[٤] ، و"سوف نبدأ فى رؤية وجود التأثير فى المرض، وأنا أعنى بذلك إطالة مدى الحياة فى السنوات الخمس القادمة" ، وذلك كما يقول

الدكتور لى . م. إليس ، عالم الأورام فى مركز سرطان إم. دى. أندرسون فى هوستون، وهو يتحدث إلى مجلة "بيزينيس ويك " فى ٢٠٠٣.(٥)

يوافق على ذلك أيضا مايك ستراتون الذى يعمل فى "مشروع چينوم السرطان"، وهو محاولة تُبذل فى المملكة المتحدة بحثا عن الچينات التى لها علاقة بالأنواع الشائعة من السرطان ، وهو يقول: "سأصاب بدهشة هائلة لو لم يتحقق فى عشرين سنة أن يحدث تحول فى علاج السرطان. وعندما ننظر إلى الوراء وقتها سنرى أن هذه العلاجات قد انبثقت على أساس تحديد تتابعات الچينوم البشرى التى يتم اعلانها الآن."

"سأصاب بدهشة هائلة لو لم يتحقق فى عشرين سنة أن يحدث تحول فى علاج السرطان . وعندما ننظر إلى الوراء وقتها سنرى ان هذه العلاجات قد انبثقت على أساس تحديد تتابعات الچينوم البشرى ..."

مايك ستراتوم ، رئيس مشروع چينوم السرطان

يعمل الباحث دافيد جالاس فى "معهد كيك للخريچين" ، وقد أصبح جالاس موضوعا للعناوين الرئيسية عندما اكتشف منذ سنوات قليلة چينات الزهايمر وچينات متلازمة ويرنر ، وقد أخبرنى أننا نسير بخطوات جيدة فى طريقنا للانتصار على هذا البلاء: "سوف نفهم السرطان فهما جيدا جدا فى السنوات العشر القادمة ، وكذلك فإن أنواعا معينة من السرطان سوف يتم شفاؤها شفاء كاملا وربما يكون هناك عشرون أو ثلاثون نوعا من السرطان، وسنتوصل إلى فهم الميكانزمات الأساسية وراءها . أنا واثق من ذلك . وسوف نجد الوسائل لشفائها".(٦)

ماذا يكون السرطان ؟

يحدث السرطان عندما تأخذ الخلايا فى جزء من الجسد فى التكاثر تكاثرا غير محكوم .

فالخلايا الطبيعية تنمو ، وتنقسم ، وتموت بطريقة تكاد تكون منتظمة ، أما خلايا السرطان فهى بخلاف ذلك تعيش زمنا أطول من الخلايا الطبيعية، وتكون سريعا خلايا جديدة شاذة ، بل وتنتقل حتى إلى أماكن أخرى فى الجسم حيث تأخذ فى أن تحل محل النسيج الطبيعى .

نحن نعرف الآن على وجه التأكيد أن كل أنواع السرطان تنشأ بسبب بعض أنواع من التلف فى دنا . فبعض دنا التالف تتم وراثته . وكمثل لذلك هناك ما يحدث من طفر فى چين "بركا (١) " ، بما يؤدى إلى قابلية شديدة للإصابة بسرطان الثدى . ولقد اكتشف العلماء چينات أخرى مصحوبة بالسرطان، خاصة سرطان القولون ، والكلية، والعقد الليمفاوية ، والبنكرياس ، والبلعوم ، والمستقيم ، والجلد .

على أن السرطان كثيرا ما لا يكون عائليا . وبدلا من من ذلك فإنه يكون تلقائيا؛ نتيجة تلف فى دنا يكون بدوره قد نتج عن التعرض للتدخين ، أو الكحول ، أو ضوء الشمس ، أو بعض الفيروسات ، أو السموم مثل قطران الفحم ، والأسبستوس، والمواد الهيدروكربونية .

تسبب هذه السموم السرطان؛ إما بإحداث طفر فى تتابع طبيعى، أو بأن تؤثر فيما يسمى بالچينات المسرطنة وچينات كبح الأورام . (وإذا استخدمنا استعارات مجازية من السيارة تؤدى الچينات المسرطنة إلى تعزيز نمو الخلية ، وهى تماثل دواسة البنزين . وإذا حدث فيها طفر ، فيماثل ذلك وطء الدواسة لأقصى حد ، فتُرسل للخلايا إشارات للاستمرار فى النمو . أما چينات كبح الأورام فهى الفرامل . وهى تقيّد نمو الخلية . وإذا حدث فيها طفر ، فتواصل خلايا الورم نموها دون توقف) .

هناك على الأقل عشرون نوعا معروفا من السرطان العائلى والتلقائى - وبعضها أكثر عدوانية من الأخرى . وهى لا تستجيب كلها للعلاجات نفسها . وهذا هو السبب فى أن مرضى السرطان المختلفين كثيرا ما يجرى علاجهم بعلاجات مختلفة تماما .

يُصاب واحد من كل ثلاثة فى العالم الغربى بالسرطان عند نقطة ما من حياته. ويموت واحد من كل خمسة كنتيجة له.(٧) إنها لمعركة تتطلب الكثير من الحصار الشخصى ، وتبرز إليها مدافع ضخمة .

تقول الجمعية الأمريكية للسرطان: إن العلماء قد تعلموا عن السرطان فى السنوات العشر الأخيرة بأكثر مما فعلوا خلال كل تاريخ البشرية . والسؤال الرئيسى هو عما إذا كان هذا سوف يترجم لعلاجات تشفى من السرطان أثناء حياتنا؟ يأمل العلماء ان يجدوا الإجابة لدى علوم دنا .

وعود بأدوية شخصانية

كانت سارة آلن فى سن الثالثة والأربعين فى موسم عيد الميلاد عام ٢٠٠٠ عندما أخبرها طبيبها بأن لديها نوع من سرطان الثدى يتصف بأنه عدوانى بوجه خاص، وأنه أخذ فى الانتشار .

وكانت آلن أمًّا لأربعة ، وقد اعتبرت وبحق أن هذا حكم بالاعدام . وقالت آلن لأحد مراسلى الصحف: إنه حتى عندما كان قلبها يغوص عميقا ، كان طبيبها للأورام يبدو متفائلا . وقال لها: "ثمة دواء جديد ... يسمى هيرسبتين . سوف نعطيه لك بمجرد أن تنهى عمليتك الجراحية " .

إن الهيرسبتين نوع جديد من الدواء تم إبداعه خاصة ليسدد طلقاته إلى خطأ وراثى يسهم فى سرطان ثديها . هذا الخطأ – وهو وجود نسخ أكثر مما ينبغى من چين يسمى "هير (٢) = (HER2)" - ينتج عنه فرط إنتاج لبروتين هير(٢) على سطح الورم . (يوجد هذا الخطأ فيما يقرب من ٣٠ فى المائة لاغير من حالات سرطان الثدى، ويكون السرطان فى هذه الحالات عدوانيا بوجه خاص).

حضرت اجتماعا فى المعهد القومى للسرطان ووجهت سؤالا :
"هل عثرنا على كل الچينات المسرطنة والچينات الكابحة للأورام

عند البشر؟ وهل حان الوقت الآن للتوقف عن البحث وأن نبدأ فى التركيز على الحصول على الأدوية الجيدة التى يكون فيها الفارق ؟" كان فى القاعة خمسة عشر عالما ، قال بعضهم: إننا ربما نكون قد عثرنا على ما يقرب من ١٠ فى المائة من الچينات ، بينما قال آخرون: إننا ربما نكون قد عثرنا تقريبا على كل الچينات . الإجابة الحقيقية هى أننا لا نعرف. فإن بداية الإجابة موجودة فى تتابعات الچينوم البشرى التى ستخبرنا عن طريقة شفاء السرطان الذى يبدأ فى چيناتنا الخاصة بنا .

العالم أرنولد ليفين، فى كتاب الثورة الچينومية ، (واشنطن العاصمة، مطبعة چوزيف هنرى ، ٢٠٠٢) ص ٩٦ .

إن الهيرسبتين دواء يعرف بأنه جسم مضاد أحادى النسيلة ، ويتم مفعوله بأن يعدل من إنتاج أحد البروتينات . فالشركة التى تصنع هذا الدواء هى شركة "چينتيك" وقد أعلنت عنه على أنه "صاروخ حيوى" ، ويتمكن الدواء من أن يقلص الخلايا السرطانية دون قتل الخلايا السليمة .

مرت سنوات عديدة ، ومازالت آلن تعيش![8]

يعمل لارى نورتون فى مركز سلون – كترنج التذكارى للسرطان بمدينة نيويورك، وهو يقول: إن طريقة عمل الهيرسبتين " لا تشبه أيا مما رأيناه قط من قبل" . فأرتون كان أحد الباحثين الرئيسيين فى الهيرسبتين . وكان يدخل فى دراسته امرأتان بمراحل متقدمة من سرطان الثدى وكان من المتوقع لهما أن تعيشا لأقل من عام، وقل تناولهما للهيرسبتين ، كما يقول نورتون . وبعد أن تناولتا الدواء ، ظلتا على قيد الحياة لخمس وست سنوات بالترتيب .

وددت لو كان لى صوت هوميروس لأشدو عن سرطان المستقيم.

العالم ج. ب. س. هالدين

ويقول نورتون: " هذا أكبر تحول مختلف رأيته بأى حال فى الحالات المتقدمة من سرطان الثدى" .

إن الهيرسبتين هو الدواء الأول من بين أدوية اتجاه جديد إلى ما يسمى "الأدوية المستهدفة." فإذا شُخِّصت امرأة بأن لديها سرطان ثدى وَبَيّنت الاختبارات أن لديها وفرة زائدة من چينات "هير(٢)" ، سيدرك الأطباء أنها حالة مثالية مما يرشح للعلاج بالهيرسبتين .

يتقدم هذا المجال تقدما سريعا، ومن المرجح أنه سيؤدى بنا إلى أوجه علاج شخصانية للسرطان -- نظم علاج طبية تجهز بالمقاس حسب خصائص ورم المريض. وكمثل : فقد بينت الدراسات المبكرة على مرضى سرطان القولون أن هناك تغيرات هينة فى دنا يمكن بها التنبؤ عما إذا كان المرضى سيعانون من آثار جانبية عند استخدام دواء قوى المفعول اسمه ايرنوتيكان. وهناك دراسات أخرى مماثلة فى أبحاث تركز على مرضى سرطان الرئة . وتبين دراسة أخرى أنه من الممكن أن نتنبأ بدقة عن مدى ما ستكون عليه فاعلية العلاج الكيميائى فى علاج الكثير من المراحل المبكرة من سرطان الثدى .

يرأس لاجوس بوستاى الباحثين فى تلك الدراسة التى أجريت فى مركز سرطان إم . دى. أندرسون ، وهو يقول: "لم نتمكن فى الماضى من أن نتنبأ وقت التشخيص تنبؤا يوثق به عن أى من المرضى سوف يخبرون استجابة باثولوچية كاملة لأى من نظم العلاج الكيماوى. إذا تأكدت نتائجنا بواسطة تلك الدراسات الكبرى التى تجرى حاليا ، سنكون قادرين سريعا على اختبار أفضل نظام علاج كيماوى للمرضى بعد العملية ، وهو اختيار يتأسس على بروفيل التعبير الچينى لأورام المرضى . سوف يعظم

هذا من فرص شفاء مرضهم ، ويجنبهم فى الوقت نفسه تعرضهم للآثار الجانبية السامة للعلاجات الأقل فاعلية."(٩)

> تمتلئ أوردتى مرة فى كل أسبوع بمادة تنظيف سجادة نابوليتانية يتم تقطيرها من البحر الأدرياتيكى ، وأصبحت أصلعا كالبيضة. ومع ذلك فإنى مازلت أتحرك هنا وهناك وأعامل القطيطات بخبث .

المؤلف جون شيفر

الطفل المفضل للإعلان عن نوع دواء جديد

قال لى دافيد بالتيمور الحاصل على جائزة نوبل: " فيما أعرف ، لا يوجد شىء جد مثير مثل دواء (جليفيك). إنه الطفل الأثير للإعلان عن هذه الأنواع الجديدة من الدواء ".(١٠) وكما يقول: فإن هذا نوع جديد من الدواء يعالج السرطان حيث يبدأ – وراثيا . وبالتيمور كرئيس لمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا يشغل الموقع المناسب لأن يكون عارفا بالأمر .

يعالج "جليفيك" نوعا معينا من الليوكيميا – يسمى الليوكيميا النخاعية المزمنة – وهو يعالج هذه الليوكيميا بنجاح مذهل . ولقد بينت التجارب أنه دواء آمن له القليل من الآثار الجانبية، ويحدث تقريبا لكل مريض يتناوله أن يخبر فترة هدأة درامية للمرض . وقد نشأت فى عدد قليل من المرضى مقاومة "لجليفيك" ، فإن الغالبية لم يحدث لها ذلك.

وافقت إدارة الأغذية والأدوية(*) سريعا على استخدام "جليفيك" ، بسبب مفعوله الرائع .

(*) إدارة الأغذية والأدوية فى الولايات المتحدة هيئة لابد من الحصول على موافقتها قبل استخدام أى دواء جديدأو غذاء مكمل جديد . (المترجم)

يعد بريان دروكر مخترع "جليفيك" هو نفسه طفلا مفضلا أيضًا للإعلانات، ولكنه هذه المرة إعلان عن شخصية طبية مشهورة . نال دروكر، ذو الكتفين العريضين والصوت الهامس تغطية صحفية جديرة بمشاهير مثل بيل جيتس أو ستيف جوبز . ويتفجر الحديث فى مجلة "وايرد" عن أن دروكر " هو أقرب الأشخاص فى أبحاث السرطان لأن يكون بطلها" .

يقول دروكر: أن تحديد تتابعات الچينوم البشرى وتحليله كانا من الأمور الحاسمة فى إبداع "جليفيك" . وكما يقول: " فى الأوقات القديمة ، والتى أعنى بها أنها منذ ثمانية أعوام ، كنا لا نعرف إلا حفنة من الچينات التى قد يكون لها دور فى بعض عمليات السرطان، أما الآن فنحن نعرف منها المئات ".[١١]

يعمل "جليفيك" عن طريق تغيير البيئة التى تحتاجها خلايا الدم البيضاء لتأخذ فى التكاثر دون تحكم ، وتنتج هذه البيئة بسبب چينين اثنين خاصين يندمجان معا ، ويكوّنان بروتينا دوره – لا غير – أن يستمر الإنتاج متواصلا . و"جليفيك" يمنع هذا البروتين من فرط الإنتاج .

يسارع دروكر إلى أن ينفى تصنيف "جليفيك" (الذى تنتجه شركة نوفارتيس) على أنه علاج "يشفى" من السرطان ، ولكنه " يمثل حقيقة وبالفعل عهدا جديدا فى علاج السرطان" .

> نحن فى حاجة للسرطان ، وسبب ذلك هو تلك الحقيقة نفسها التى تفيد بأنه بعدم قابليته للعلاج يجعل من كل الأمراض الأخرى شيئا غير السرطان ، مهما كانت قاسية .
>
> **المؤلف جلبرت أدير**

يقول دروكر: "عندما نفهم ما الذى يدفع إلى نمو السرطان سنستطيع عندها أن نسدد طلقاتنا ضد هذا الشذوذ بوجه خاص" . ثم يقول: "وبكلمات أخرى سنتمكن من

تعويق السرطان دون أن نعوق المريض . وسنصل إلى هذا بالفهم المضبوط لما يدفع إلى نمو السرطان . وسوف نعيّن الهدف ، وننشىء دواء يؤدى إلى إيقاف نشاط نمو السرطان ، وعندها نكون قد انتهينا إلى علاج خاص جدا".

ثم يقول دروكر: "كلما تعلمنا المزيد والمزيد من أنواع السرطان ، سيصل بنا ذلك إلى القدرة على انشاء أدوية جديدة مثل هذه لتعالج أى سرطان وكل سرطان".(١٢)

يقول بالتيمور عالم معهد كاليفورنيا للتكنولوچيا إن هذا هو التحدى الذى يواجهنا الآن ، وهو أن تتوصل شركات الدواء إلى "أدوية أخرى مثل جليفيك" يترقب الباحثون بأعين كأعين النسر أن تظهر لهم فرصة مثل هذه .

يحدث أثناء ذلك فى أيسلندا ...

الكثيرون منا ليس لديهم أى فكرة عمن وفدوا قبلهم منذ ثلاثة أجيال أو حتى جيلين. ولكن هذا لايصدق على المواطن النمطى فى أيسلندا . فيستطيع هذا المواطن ، أو هذه المواطنة ، أن يتابع سجلاته العائلية ليصل حتى الاستيطان الأصلى للفايكنج فى أيسلندا فى القرن التاسع ، وذلك بفضل جهد البلاد المثابر فى تسجيل "كتاب الاستيطان".

لا ريب فى أن هذا فيه معلومات ميسرة للأيسلنديين . ولكنها أيضا تعد كشفا عن كنز ثمين لكل البشر . لما كانت أيسلندا جزيرة بعيدة ، هى عمليا جزيرة معزولة وقليلة السكان – فيقرب عددهم من ربع المليون – فإن سكانها هكذا متجانسون . والناس فى أيسلندا يتشابهون معا بدرجة أكبر كثيرا من تشابههم مثلا فى كاليفورنيا التى تعد كوعاء لصهر البشر .

> كلما كان السرطان أكبر عمرا ، فإنه يكون أسوأ . وكلما زاد تشابكا بالعضلات ، والأوردة ، والشرايين المغذية ، فإنه يكون

أسوأ ، وأكثر صعوبة فى العلاج . وذلك لأن هذه أماكن يخشى فيها من إجراء الفتحة الجراحية ، وعمليات الكى والعلاجات الشديدة .

ثيودريك ، أسقف سيرفيا (١٢٦٧م) في كتاب الجراحة لثيودريك ، الجزء الثانى ، ترجمة إ. كامبل و ج . كولتون (نيويورك : أبلتون سنشورى - كروفتس ، ١٩٦٠) ، ص ٢٦ .

ما من عجب أن تكون أيسلندا المكان الذى يُعيِّن فيه موضع مالا حصر له من الچينات التى لها علاقة بالأمراض . اكتُشف أحد هذه الچينات فى ١٩٩٤ ، ويسمى "بركا (٢)" ، وهو چين عندما يطفر يزيد من قابلية النساء للإصابة بسرطان الثدى بعامل من عشرين . ولقد اكتشف العلماء "بركا (٢)" بعد دراسة عائلتين أيسلنديتين ، ويمكن متابعة كل منهما وراء إلى سلف واحد وُلد فى عام ١٧١١ .

يوجد لكل عائلة منهما تاريخ طويل لحالات متكررة من سرطان الثدى، ومريضات السرطان من كلتا العائلتين تتشاركن بالضبط فى الطفرة نفسها ... غياب خمسة حروف (أو قواعد) بعد الحرف ٩٩٩ فى الچين.[١٣]

فيما يعرض فإن هناك طفرة أخرى على الچين نفسه يشيع وجودها بين يهود أوروبا الشرقية (يسمون بالأشكنازى) . وهذه الطفرة - وهى غياب حرف عند الموضع رقم ٦١٧٤ - مسئولة عن ٨ فى المائة من حالات سرطان الثدى وحدها عند اليهود . والأشكنازى - بسبب تاريخهم الثقافى الطويل الذى يحظر التزاوج مع غير اليهود - هم أيضا مجال مفضل آخر لصيد الچينات .

اتخاذ الشكل الملائم للسرطان

الآن وقد اكتمل تحديد تتابعات الچينوم البشرى ، فقد تحمس الباحثون لمتابعة خط من الأبحاث لفحص البروتينات التى تشفر لها الچينات فى خريطتها الجديدة .

وأحد هذه البروتينات يسمى "فينكولين (= Vinculin) "، وإذا كان القارئ لم يسمع عنه بعد، فأنا أراهنه على أنه سيفعل ذلك .

توصل الباحثون فى مستشفى سان جود لأبحاث الأطفال فى ممفيس بولاية تنيسى ، إلى اكتشاف أن الفينكولين يفعل شيئا جد مثير للاهتمام . فهو يغير شكله الثلاثى الأبعاد بحيث تستطيع إحدى الخلايا أن تتحرك خلال بيئتها ، بدلا من أن تبقى ثابتة فى مكان واحد . يقول الباحثون: إن قدرة الفينكيولين على تغيير شكله بحيث تستطيع إحدى الخلايا بچيناتها التى تعبر عنها الانتقال فيما حولها ، هذه القدرة تكشف عن مفتاح مهم بشأن الطريقة التى تتمكن بها خلايا السرطان من الانتشار فى الجسد.

يعمل فيلب ر. ج. بوا زميلا فى قسم الوراثيات بمستشفى سان جود ، وهو يقول: "بكلمات أخرى، الفينكيولين بروتين مهم يؤدى أدوارا مختلفة فى الجسم . فهو منظم رئيسى للكثير من أوجه حياة الخلية ، ويغير من شكله ليدير أشغال الخلية حسب الاحتياجات الفورية للخلية " . والفينكيولين قد يساعد بالفعل خلايا السرطان على الانتشار .

ومن المثير للاهتمام ، أن قدرات الفينكيولين على تغيير شكله ربما ستبدأ أيضا فى تفسير الطريقة التى يستطيع بها البشر إنتاج هذا القدر البالغ من التعقد بواسطة ٣٠٠٠٠ چين فقط أو ما يقرب .

يقول بوا: "كان من المعروف من قبل أن الخلايا تستطيع أن تقرأ چينات معينة بطرائق مختلفة لتصنع بروتينات مختلفة، إلا أن هذه المكتشفات الجديدة تدعم بما له مغزاه إدراكنا لمدى وظيفة البروتين فى الخلية".

من الأفضل ألا نستخدم أى علاج فى حالات ... السرطان ؛
وذلك لأنه عند استخدام علاج للمرضى فإنهم يموتون سريعا ؛

أما إذا لم يستخدم علاج للمرضى ، فإنهم يظلون باقين لزمن طويل .

أبوقراط (٤٦٠ - ٣٧٧ ق.م)

الدخول فى عصر الطب التنبؤى

فى ١٩٩٤ اكتُشف چينا "بركا (١) " و"بركا (٢)" لسرطان الثدى ، ويدل هذا الاكتشاف على نقطة تحول فى أبحاث سرطان الثدى . وكلا الچينين عندما يقوما بأداء وظيفتهما يكون منهما چينات "لكبح الأورام" . بمعنى أنهما كما يبدو يتحكمان فى نمو الخلية . أما إذا كانا يحويان أخطاء ، يصبح من الممكن أن ينتج نمو بلا تحكم . فالنساء اللاتى يرثن چينات "بركا" فيها خطأ يتعرضن لاحتمال خطر أكبر من الإصابة بسرطان الثدى والمبايض - وتقدر زيادة احتمال الخطر بعشرين مثل .

بحلول ١٩٩٥ ، كان فى السوق اختبارات تستطيع أن تساعد النساء اللاتى لديهن فى تاريخهن العائلى حالات سرطان ثدى أو مبيض ، فى أن يحددن إذا كن هن أيضا موضع احتمالات خطر (يُصنع هذا الاختبار بواسطة شركة "ميرياد جنيتكس" فى سياتل كما أنها تحتفظ لنفسها أيضًا بكل حقوق استخدامه) . يقول ليروى هود ، المشارك فى تأسيس معهد سياتل لبيولوچيا المنظومات ومخترع الجهاز المؤتمت لتحديد التتابعات: " أول ثورة كبيرة أخذت تفد علينا الآن هى اختبارات التشخيص المبكر جدا " .

وهو يضيف القول: "إذا كنا نريد التعامل مع السرطان بأقصى فعالية خلال السنوات الخمس القادمة ، سيكون مطلوبا أن نتعرف على حالة السرطان وهى مبكرة حقا . فلن نستطيع ممارسة طب وقائى دون الطب التنبؤى " .[١٤]

هناك جانب فيه فائدة وجانب فيه منزلق بهذه الاختبارات التنبؤية ، كما يقول هود. ولنأخذ اختبار فرز بركا كمثل . سنجد من أحد الجوانب أن النتيجة الإيجابية للاختبار لا تعنى أن من المؤكد أن هذه المرأة ستصاب بسرطان الثدى أو المبيض ، وإنما تعنى فقط أن هناك احتمالات أكبر لأن يحدث لها ذلك . وتختار الكثيرات ممن يكتشفن أن لديهن الطفرة إجراء عملية استئصال مزدوج للثدى واستئصال المبايض، وذلك حتى يقللن من احتمال إصابتهن بالسرطان. على أن نسبة لا تقل عن ١٥ فى المائة من النساء اللاتى يحملن الطفرة لن يصبهن قط هذا المرض .

النتيجة السلبية للاختبار هى أيضا مخادعة . وتحدث معظم حالات سرطان الثدى – بنسبة تزيد عن ٩٠ فى المائة – لنساء ليس لديهن أى من طفرتى بركا . وبالتالى فإن النتيجة السلبية ليست ضمانا بأن السرطان لن يضرب فيما بعد ضربته.

حالة السرطان ليست فحسب مرضا جسديا ، إنها حالة ذهنية .

مايكل بادن، رئيس الفحص الطبى فى مدينة نيويورك، كما استشهد به ل.جونستون فى مقال موت الفنان : إفادة أخيرة فى مبحث قتل الذات، صحيفة نيويورك تايمز ، ١٧ يونيو ، ١٩٧٩ ، ص ١ .

ظل الباحثون منذ منتصف تسعينيات القرن العشرين وهم مطاردون بهاجس العثور على ما يسبب تلك الغالبية من حالات السرطان التى لا علاقة لها بچينى بركا. على أنهم وصلوا أخيرا إلى حل فى أواخر ٢٠٠٢ .

إمسى (= EMSY) الچين الجديد لسرطان الثدى

هناك چينات تشفر لبروتينات ، وچينات موجودة أساسا للتحكم فى چينات أخرى. فى ديسمبر ٢٠٠٢ تمكن الباحثون فى جامعة كمبريدچ ومركز السرطان

بالمملكة المتحدة من العثور على چين للتحكم – يسمى "إمسى" – يبدو أنه قادر على إيقاف عمل چينات بركا السليمة .

ربما يكون هذا بداية لتفسير السبب فى أن نساء كثيرات ليس لديهن چينات طافرة من "بركا (١)" و"بركا (٢)" ومع ذلك يصبهن السرطان .

يعمل تونى كوزاريدس باحثا فى كمبريدچ وقد قال فى حديث لهيئة الإذاعة البريطانية: "سيمنحنا هذا خطوط جديدة للأبحاث وزوايا للهجوم فيها إمكانات مثيرة . واكتشاف چين جديد مهم كهذا أمر فيه إثارة بالغة ويعطينا ذلك الجزء من لعبة الصور المتشابكة (Jigsaw) الذى كنا نبحث عنه . وسيكون لدينا الآن صورة أكثر تعقيدا بكثير للتغيرات الوراثية التى تقدح زناد سرطان الثدى والمبيض فى النساء اللاتى لم يرثن احتمال خطر كبير من السرطان ولكنهن يصبن به على أى حال ".[١٥]

يقول كوزاريدس: إنه قد استعرض المئات من عينات الأورام التى بينت أن نسبة ١٤ فى المائة من حالات سرطان الثدى، و١٧ فى المائة من حالات سرطان المبيض، تحوى نسخا إضافية من الچين، إلا أنه لم يجد الچين فى النسيج الطبيعى أو فى أى نوع آخر من الورم .

أما البروفيسور كارلوس كالداس فهو باحث آخر ممن عملوا فى هذه الدراسة وهو يقول: "كنا دائما نعتقد أن العوامل المهمة فى الحالات الوراثية من سرطان الثدى ينبغى أن تلعب دورا أيضا فى أنواع (السرطان) الأخرى ، وأنه لمن المشجع أن نعرف أننا لم نكن نلاحق الهدف الخطأ".

ثم يقول كالداس: "ينبغى أن يفيدنا ذلك فى إنشاء علاجات جديدة مستهدفة تُسدد ضد سرطان الثدى والمبيض؛ خاصة وأن حالات السرطان التى يكون بها مستويات مرتفعة من الچين الجديد ، هى كما يبدو تسلك بطريقة مماثلة للأشكال

الوراثيـة . ومن الممكن أن يشكل "إيمـسى" أيضـا الأسـاس لأنواع جـديدة من الطب التنبؤى".[١٦]

عندما يمد الورم أقدامه من كل جانب من جسده داخل الأوردة،
ينتج عن المرض صورة كحيوان السرطان .

جالينوس (١٣٠ - ٢٠٠ ق. م.) ، كما استشهد به في كتاب ر.إ. سيجل، منظومة الفيزيولوچيا والطب عند جالينوس ، ص. ٢٨٦

يبدو أن وجود نسخ إضافية من "إيمسى" يدل على نوع سرطان أكثر عدوانية. فالنسـاء اللاتى تحوى أورامـهن نسـخا إضـافية من "إيمسى" يبقين أحـياء لمدة ٦,٤ سنوات فـقط بعد التـشـخيص ، بالمقارنة بمدة ١٤ سنة للنسـاء اللاتى تحـوى أورامـهن كمية طبيعية من "إيمسى" . ويعنى هذا أن الباحثين سوف يهدفون إلى التوصل سريعا لاختبار تشخيصى "لإيمسى" ، بحيث يستطيع الأطباء التنبؤ بدرجة عدوانية السرطان المرجحة ويوصون بالعلاج الحاسم المناسب .

جزئ العام

إذا كان القارئ يتابع العناوين الرئيسية عن الصحة ، فلا ريب من أنـه قد صادف فيها الچين المسمى "بى ٥٣ (= p53)". والبروتين الذى يشفر له هذا الچين قد أسمته مـجلة "سـيانس" بأنه "جزئ العـام" . ويعرف العلمـاء أن البروتين الذى يتكون بواسطة "بى ٥٣" له أهمـيـة رئـيـسـيـة فى نمو الخلية . وهـو چين كـابح للورم يُفتـرض أنه يمنع الخلايا عن النمو . عندمـا يصيب تلف هذا الچين فإنه لا يسـتطيع فعل ذلك . وإذا طفر چين "بى ٥٣" فإن هذا يعنى عموما قابلية أكثر للسرطان . والحقيقة أن أكثر من نصف كل خلايا السرطان البشرى تحـوى "بى ٥٣"، الأمر الذى يدلنا على مدى أهمية وانتشار هذا الچين .

يواصل باحثون كثيرون البحث عن طرائق لتشخيص وعلاج حالات السرطان التى لها علاقة بمشكلة "بى ٥٣" .

> إذا فهمنا ما الذى يدفع إلى نمو السرطان سنستطيع أن نسدد طلقاتنا لتصيب بوجه خاص هذا الشذوذ بالذات . وبكلمات أخرى سنتمكن من إعاقة السرطان دون إعاقة المريض . وسنصل إلى هذا الهدف بالفهم الدقيق لما يدفع السرطان إلى النمو. وسوف نعيّن الهدف ، وننشىء دواء يوقف نشاط نمو ذلك السرطان، وعندها ننتهى إلى علاج خاص جدا . فكلما عرفنا المزيد والمزيد عن حالات السرطان ، سنصبح قادرين على انشاء أدوية مثل هذا لكل حالة وأى حالة للسرطان.

بريمان دروكر مخترع جليفيك .

هناك چين آخر يعتقد العلماء أنه مصاحب للسرطان واسمه "أ ت م (= ATM). والدور العام لهذا الچين هو التحكم فى انقسام الخلية . وعلى الرغم من أن العلماء لا يفهمون بعد السبب فى أن احدى النسخ الطافرة لچين "أ ت م" تستطيع أن تسبب السرطان، فإنهم يعرفون بالفعل أن هناك شكلا معدلا لهذا الچين يرتبط بمرض عصبى فى الطفولة يسمى رنح تمدد الشعيرات . وهذا المرض يجعل الأطفال حساسين حساسية مفرطة للإشعاع.

وهناك نجم فائق آخر بين الچينات سوف يقرأ عنه قراؤنا وهو "بى ٦٥(= p65)" . فيبدو أن الشكل الطفرى لهذا الچين يسبب إفراطا فى إنتاج هرمونات لها علاقة بسرطان الثدى والبروستاتا .

الدودة المستديرة توفر مفاتيح لحل لغز سرطان الثدى

عندما نتابع عمليات تحديد تتابع دنا ، فربما نلاحظ عندها أن تحديد تتابعات الدودة المستديرة وذبابة الفاكهة هو كما يبدو عملية لها الأهمية نفسها مثل تحديد تتابعات الچينوم البشرى .

وسبب ذلك بالطبع هو أن هذين الكائنين الحيين يُعدان من حيوانات المعمل الشائعة إلى حد بالغ . وتتكاثر ذبابة الفاكهة والدودة المستديرة تكاثرا سريعا ، كما يسهل إيواؤها ، الأمر الذى يجعلهما حيوانات معمل مثالية لتجارب دنا . ثم ما لبث أن ثبت فى النهاية أن الدودة المستديرة لها أيضا أهمية أخرى فى الأبحاث المهمة – وأهميتها هذه المرة هى أنها تحمل چينا يماثل بوجه ملحوظ چين "بركا (١)" الذى عندما يطفر يزيد من قابلية النساء للإصابة بسرطان الثدى والمبيض .

يعمل سيمون بولتون فى "مركز أبحاث السرطان بمعهد أبحاث لندن بالمملكة المتحدة " وهو المركز الذى نشر هذه الدراسة ، ويقول بولتون: " مر ما يقرب من عقد من السنين منذ اكتشاف چينات "بركا" ودورها فى نشأة سرطان الثدى والمبيض، ولكننا مازلنا نتخبط فى ظلام شديد حول طريقة عملها " .

ولقد اكتشف الباحثون أن چين "بركا(١)" فى الديدان يعمل فى ترادف مع چين آخر اسمه "بارد (١) (BARD1=)". وهما يعملان بالطريقة نفسها التى يتفاعل بها الچينان فى البشر ، كما يقول بولتون.[١٧]

قام الباحثون أولا بإيقاف تشغيل الچينين – وحاكوا الطفر فيهما بأن جعلا الچينين لا يعملان بالطريقة الصحيحة، ثم عرضوا الديدان لإشعاع يسبب السرطان، وعندما أصيبت الديدان بالسرطان، أثبت ذلك أن هذين الچينين يلعبان دورا رئيسيا فى ترميم دنا .

ويقول بروفيسور روبرت سوهامى مدير الشىءون الاكلنكية والخارجية فى ابحاث السرطان بالمملكة المتحدة ": "ستؤدى دراسة "نظير بركا (١)" فى الدودة إلى التعجيل بفهمنا للطريقة التى يمكن أن يؤدى بها وجود عيب فى الچين إلى سرطان الثدى، وهذا سيطرح فى المستقبل امكانات للوقاية ولعلاج المرض ".

يقول الباحثون: إنهم وقد أصبح لديهم الآن نموذج لخلية "بركا (١)" فى الدودة يجرون التجارب عليه ، فسيكون التحليل الوراثى هكذا أسهل كثيرا . ويقول سوهامى: "نستطيع أن نجرى تحليلا وراثيا تفصيليا فى خلايا الدودة وهو تحليل يستحيل إجراؤه حقا فى الخلايا البشرية الأكثر تعقيدا ".

قطع الامداد بالدم

إحدى أسخن العبارات الطنانة فى البيوتكنولوچيا عبارة "تكوين الأوعية الدموية". وهى تعنى أساسا "بناء الشرايين" ويلزم للأورام أن تبنى الشرايين بكثرة لتغذى أنفسها .

عندما أطلق جالينوس (١٣٠ – ٢٠٠ ق. م.) اسم السرطان على هذا المرض (كلمة carcinoma باللغة اليونانية تعنى حيوان السرطان) كان هذا لأنه لاحظ أنه يماثل حيوان السرطان – فهو ينتشر بأن ينشىء ويرسل شرايين جديدة خارجة منه لتغذى حاجته التى تتنامى أبدا للمزيد من الدم . وظهرت علاجات السرطان بالوسائل المضادة لبناء الشرايين منذ ثلاثة عقود ، والنظرية التى تكمن وراءها هى أننا لو تمكنا من قطع امداد السرطان بالدم ، سيتوقف الورم .

> استراتيجية الوسائل المضادة لبناء الشرايين كلها تحمل الوعد بتوفير الشفاء للعديد من أنواع السرطان .

روبرت واينبرج باحث السرطان فى معهد ماساتشوستس للتكنولوچيا

ويوجد الآن أكثر من ١٠٠٠ معمل و ٣٠٠ شركة دوائية تدرس الوسائل المضادة لبناء الشرايين . وقد حدث من الفشل أكثر مما حدث من النجاح . إلا أن إحدى الشركات ، وهى شركة "چينتيك" قد أعلنت ما يمكن اعتبار أنه نجاح مخترق له أهمية فى ٢٠٠٣ . فى تجارب الطور الثالث البشرية ، وأدى دواء "أفاستين" لشركة "چينتيك" إلى تجويع الأورام ومدّ من مدى عمر مرضى سرطان القولون بما هو أكثر من ٣٠ فى المائة .

ولقد أثبتت النتائج صحة البحث الذى أجراه جوداه وفولكمان ، الذى كان أول من افترض فى ١٩٧١ أن الأورام تعتمد على نمو أوعية دموية جديدة . ووقتها لم يؤخذ بحثه مأخذا جديا إلا بواسطة قلة من الخبراء ، أما الآن فإن خبراء كثيرين يعتبرون أنه رائد من رواد الطب من أعلى درجة .

ويعمل دواء "أفاستين" بأن يستهدف بطلقاته أحد البروتينات التى تصنعها خلايا السرطان ويسمى بروتين "فيجف (VEGF=)" (وهى مختصرة الكلمات الإنجليزية التى تعنى عامل نمو بطانة الأوعية الدموية). وعندما يبطل الأفاستين مفعول هذا البروتين ، فإنه يبطئ من قدرة الخلايا على حشد أوعية جديدة .

ويقول د. ويليام لى المدير الطبى "لمؤسسة تكوين الأوعية الدموية": "هذا تقدم كبير فى تنامى علاج السرطان. (فالأفاستين) هو أول دواء كابح لتكوين الأوعية، يُظهر فى تجارب إكلنيكية مصممة جيدا على نطاق كبير ، أن إيقاف إمداد الورم بالدم هو طريقة تناول صحيحة لعلاج السرطان . ويشكل هذا إحدى علامات الطريق لتحسين علاج السرطان".[١٨]

روبرت واينبرج باحث فى معهد ماساتشوستس للتكنولوچيا وعضو مؤسس "لمعهد هوايتهد للأبحاث الطبية الحيوية" وواحد من أبرز مرجعيات السرطان فى الأمة، وهو

يقول: "استراتيجية الوسائل المضادة لبناء الشرايين كلها تحمل الوعد بتوفير الشفاء للعديد من أنواع السرطان".[١٩] ويوجد أكثر من ستين دواء آخر مضاداً لبناء الشرايين فى البشر تحت الاختبار ، وهناك دواءان يأتيان مباشرة فى أعقاب "الأفاستين" فى عملية الموافقة عليهما . أحدهما هو "نيوفاستات" الذى تنتجه "معامل إيترنا" ، وهدفه الذى يسدد عليه طلقاته هو سرطان الكلى وسرطان الخلايا غير الصغيرة فى الرئة . وهناك دواء آخر اسمه "بى تى كيه ٧٨٧ (= PTK 787)" تنتجه شركة أدوية "نوفارتيس"، ويجرى اختباره لسرطان القولون والمستقيم .

> نحن فى الطريق بخطوات بطيئة ، وإن كانت واثقة ، لإحداث تأثير على أنواع منتقاة من السرطان . فعلينا لاغير أن نتحلى بالصبر.

دافيد بالتيمور ، رئيس معهد كاليفورنيا للتكنولوچيا

ودواء الثاليدومايد مرشح آخر يثير الدهشة كوسيلة مضادة لبناء الشرايين . ساءت سمعة هذا الدواء فى خمسينيات القرن العشرين لما تبين من أنه يسبب تشوه المواليد عند وصفه للنساء الحوامل ، إلا أنه يبدو أن الثاليدومايد يؤدى أيضا إلى كبح نمو الأوعية الدموية . فميلانى ماك دانيلز طفلة مازالت تتعلم المشى فى نيوهامبشير، وهى من أول من أدركوا المزايا التى عُثر عليها مجددا للثاليدومايد. وبعد أن أجريت لهذه الطفلة جراحتان ، أستمر ورم مخها فى النمو . إلا أن طبيبها أدخلها بعدها فى قائمة تجارب الثاليدومايد ، وتطلب ذلك عمليات نقل دم لمدة أسبوع كل واحد وعشرين يوما . وتحدث أبوها بول ماك دانيلز إلى مراسل لصحيفة "بيزنيس ويك" فقال له: "قررنا أنه على أى حال ربما يجعلها الدواء تواصل البقاء حتى يكتشفوا شيئا ناجحا فى العلاج" . إلا أن الثاليدومايد نفسه نجح وتوقف الورم عن النمو.[٢٠]

هل عندك سرطان ؟ خذ قرص أسبرين

لعل القارئ قد سمع عن الأسبرين كعلاج وقائى لمرض القلب ، ولكن هل سمع عنه كعلاج للسرطان ؟

ليست هذه بالفكرة المستبعدة كما تبدو . فهناك باحثون يعملون علـــى الفئـــران فى جامعة كونكتيكت وقد اكتشفوا مؤخرا أن القوارض التى تصاب بأنواع سرطان الثدى الأسرع نموا والأسرع انتشارا تنتج كمية أكبر من بروتين يسمى "كوكس -٢ (= COX-2)" ، وهو البروتين نفسه الذى تستهدفه أدوية تسكين الألم الشائعة .

والمنتج الرئيسى " لكوكس-٢" هو إنزيم يسمى "بى جى إ٢ (= PGE2)" وهو مادة كيميائية قـوية الفعالية تساعد الأورام على بناء الأوعية الدموية التى تحتاجها لتبقى حية .

وثبت فى النهاية أن العديد من الأدوية التى يشيع وجـودها فى المـنازل هـــى كما اتضح تكبح إنتاج "كوكس-٢" . فالأسبرين والإيبوبروفين اثنان من هذه الأدوية . ويمكن لهذه الأدوية أن تساعد المريضات ، نظريا على الأقـل ؛ فى العمـل علـى منـع أو إقـلال سـرعة نمو أورام الثـدى ، وإن كـان البـاحـثـون يريدون إنتـاج دواء أكـثـر خصوصية دون الآثار الجانبية التى يسببها الاستعمال طويل المدى لمسكنات الألم .

ويقول تيموثى هلا مدير مركز بيولوجيا الأوعية الدموية فى جامعة كونكتيكت، وكبير الباحثين لهذه الدراسة: " إنه لأمر مروع نوعا . فمن الصعب أن نؤمـــن بأن شيئا ما بسيطا هكذا قد يساعد فى مكافحة السرطان".

وهو يضيف: إننا نحتاج لإجراء المزيد من الاختبارات الكثيرة لنرى ما إذا كانت الأدوية التى تكبح "بى جى إ ٢" تستطيع أن تحارب الأورام فى البشر.

وبينما يتبين أن الأدوية المضادة لبناء الشرايين فيها ما يعطى الكثير من الوعد مع بعض المرضى ، إلا أنه مازالت هناك تحديات أمامنا . ومن المرجح إنه سيكون علينا وصف هذه الأدوية فى توليفة ، وذلك أن الواحد منها لا يمنع فى كل مرة إلا بروتينا واحدا أو بروتينات قليلة من بروتينات نمو الأوعية الدموية . ويوجد على الأقل عشرون بروتينا لها دور فى نمو الأوعية الدموية وسيتطلب الأمر المزيد من محاولات إكلينكية كثيرة لنكتشف أى الأدوية هى التى تعمل بأفضل وجه فى مجموعة مشتركة أو وحدها .

> هذه هى المرحلة المثيرة التى نمر بها . إنها أشبه بصورة مستقطبة. وقد بدأنا نرى ما الذى فى الإمكان .

تود جولب ، باحث خريطة السرطان

على أى حال ، فإن الأدوية المضادة لبناء الشرايين هى تطور مثير ، والأمر الذى سيجعلها فى الإمكان هو فهمنا المتزايد لچيناتنا والبروتينات التى تصنعها .

دور للخائن أرنولد بندكت(*) فى السرطان

لدى كل واحد منا چينات تساعد الجسد على اندمال الجروح . ولكن إذا كان الباحثون فى جامعة ستانفورد على صواب ، فإن الورم السرطانى يستطيع أن يحول هذه الچينات نفسها لتصبح ضدنا .

ويقول هوارد تشانج رئيس الباحثين فى هذه الدراسة والحاصل على دكتوراه الطب ودكتوراه الفلسفة: "تستطيع أن نعثر على هذه الظاهرة مبكرا أثناء المرض وهى

(*) أرنولد بندكت أمريكى خان الثوار الأمريكيين فى حرب الاستقلال الأمريكية ويعد رمزا للخيانة عند الأمريكيين . (المترجم)

ظاهرة يمكن أن تغير طريقة علاج السرطان".[٢١] ولقد اكتشف الباحثون الدور الذى تلعبه چينات اندمال الجروح فى السرطان بأن ألقوا نظرة على السرطان من منظور جديد . بدلا من أن يشرّحوا الورم ويختبروه ليعرفوا أى الچينات هى الأكثر نشــاطا – وهذا تكنيك أتــاح للباحثــين تعيــين مجمــوعات من الچيــنات التى تلعــب دورا فى السـرطان – بدلا من ذلك فإنهم درسـوا أى الچينات لها دور فى اندمال الجروح وتفحصوا ما إذا كانت هى الچينات نفسها التى تكون نشطة (بمعنى أنها تعمل وتنتج البروتينات) فى أثناء نمو السرطان .

يقول تشانج: "اندمال الجروح عملية تتيح للخلايا أن تكسر قيودا طبيعية على نموها وأن تعبر الحدود . وإذا توصلت إحدى الخلايا إلى أن تنفُذ إلى هذا البرنامج ، يكون فى ذلك بيئة جيدة للسرطان".

چينات التئام الجروح مثلها تماما مثل السرطان ، تعتمد على عمليات بناء الشرايين لجلب إمداد جديد من الدم إلى إحدى المناطق .

الخلاصة: أن من الظاهر أن بعض الأورام تستخدم قدرات الجسم الطبيعية على اندمال الجروح لتساعد الخلايا على أن تزيد سرعة نموها وأن تنتقل فيما حولها . ويصدق الشىء نفسه على بناء الأوعية الدموية أو بناء الشرايين . فتنمية أوعية دموية جديدة أمر مهم فى اندمال الجروح ، إلا أن الأورام لا تستطيع النمو دونه . ثبتت صحة هذا الفرض فى أنوا ع معينة من السرطان خاصة سرطان الكبد .

وتبذل الجهود حتى نعيّن بخصوصية بالغة البيئات التى يزدهر فيها نمو أنوا ع معينة من السرطان ، وهذه الجهود هى الخطوة الأولى للتوصل إلى أدوية للسرطان تسدد طلقاتها لهدف بالغ الخصوصية. "فالهيرسبتين" الذى يستخدم فى سرطان الثدى فيه المثل لدواء قوى المفعول من هذا النوع . أما الخطوة التالية فهى: أن نكتشف طريقة علاج الأورام التى تنتج هذه البروتينات التى تؤدى لاندمال الجروح . يقول تشانج: إن

العلماء لديهم فهم قوى لاندمال الجروح، وبالتالى فربما سيتمكنون من الوصول إلى دواء يعوق هذه العملية فى أحد السرطانات فيمنع انتشاره .

وكما يقول تشانج: "سوف تظهر أدوية توقف نمو الأوعية الدموية ، وبالتالى ربما ينبغى أن نسدد طلقات هذه الأدوية إلى هذه المجموعة من المرضى" .

خريطة شاملة للسرطان

لم يكن من المحتمل أن يكتمل فى أثناء حياتنا تحديد تتابعات الچينوم البشرى لولا تكنولوچيا الكمبيوتر التى أتمت العملية . وتواصل التكنولوچيا أن تلعب دورا رئيسيا فى كل علوم دنا تقريبا .

إن أكثر ما يتضح فيه ذلك هو المشروع الشامل للسرطان الذى صممه تود جولب الباحث فى معهد ماساتشوستس للتكنولوچيا . فما يفعله جولب أساسا هو أنه يقارن بين الچينات فى آلاف من عينات الأورام حتى يصنفها . وترجع أهمية ذلك إلى أن خلايا السرطان التى تبدو متشابهة تحت الميكروسكوب وتسبب أعراضا متشابهة ، يمكن فى الحقيقة أن تكون مختلفة اختلافا جذريا . وهذا يعنى بدوره أنه يلزم لعلاجها استعمال أدوية مختلفة .

وحتى ينجز جولب ذلك فإنه يعتمد على تكنولوچيا المصفوفات الميكرو، أو ما يسمى برقائق دنا . نشأت رقيقة دنا فى أوائل تسعينيات القرن العشرين فى ستانفورد، وهى رقيقة زجاجية فى حجم طابع البريد عليها شبكة نقط متقاطعة يصل عددها إلى ١٦٠٠٠ لتمسك بدنا . ويحدث فى كل نقطة أن تقوم كل شدفة من دنا بدور المسبر. ويمكننا أساسا ، كما وُصف الأمر فى مقال فى مجلة "وايرد" ، أن ننظر إلى چينات الورم ونعرف بدقة أيها هو الذى يسئ السلوك.[٢٢]

هاكم طريقة عمل ذلك، ودعنا نتذكر أن أى امتداد بعينه من دنا سوف يرتبط دائما بصنوه الملائم من دنا أو رنا . وكمثل فإن ث أ ج تلتصق دائما مع أ ث س (إذا كان دنا هو ما يُستخدم) ومع أيو س (إذا كان رنا هو ما يستخدم) . وهكذا حتى نستخدم رقيقة دنا ، فيلجأ العلماء إلى مجرد تسييل الورم ، ويصبونه فوق الرقيقة ، ويخبزونه عند درجة حرارة ١١٢ لساعات قليلة ، وسرعان ما نصل للنتيجة ! فيحدث أوتوماتيكيا أن تلتصق بالرقيقة منتجات جينات الورم - البروتينات التى تشفر لها الجينات . وهى تلتصق بها بكميات تعكس نسبتها مدى نشاط الجينات .

كلما كانت جينات معينة هى الأكثر نشاطا - أى التى تنتج بروتينات أكثر - تكون هى الأكثر نشاطا فيما يفترض فى الورم الذى تتم دراسته .

ويتشكك بعض العلماء فيرون أن هذا لايزيد إلا قليلا عن أن يكون مجرد تمرين ذهنى - وإذا كانت هناك فئات فرعية بأكثر مما ينبغى فإن البيانات لن تعنى الكثير. وقد يكون انتاج أدوية حسب المقاس بطريقة بالغة الخصوصية بالنسبة لكل نوع فرعى ممكن من السرطان أمرا أبهظ تكلفة من أن تتحمله أى شركة أدوية . ولكن مرة أخرى، قد تكون هذه هى الطريقة الوحيدة لعلاج السرطان - معالجة محكمة . وربما لا تكون فئات الأنواع دقيقة الصغر كما يخشى البعض . وجولب لايعتقد ذلك . وهو يقول: "ستكون هناك بعض القواعد التى تخضع لها كل أنواع السرطان" . بينت إحدى تجارب رقائق دنا أن هناك مدى واسعا من الأورام التى تتشارك فى جينات (نشطة) يصل عددها إلى السبعة عشر . وكما يضيف جولب: "هذه نتيجة وثبت لنا مباشرة من إحصائيات المصفوفات الميكرو . فهذه هى المرحلة المثيرة التى نمر بها . إنها أشبه بصورة مستقطبة . وقد بدأنا نرى ما الذى فى الإمكان". [٢٣]

ما لدينا من حقائق

الحقيقة (١) : ظل السرطان يعذب الانسان أثناء كل ما سُجل من التاريخ. فأول مرجع مكتوب عنه يرجع وراء إلى ٥٠٠٠ سنة . وهناك مجموعة من سبعة من أوراق البردى عند قدماء المصريين تذكر بالتفصيل العلاجات المختلفة للسرطان ، ابتداء من الجراحة فحبوب الدواء ووصولا إلى التعاويذ السحرية والصلوات .

الحقيقة (٢) : لماذا سمى الباحثون الچين الجديد باسم "إيمسى" ؟ اكتشف أفراد فريق البروفيسور كوزاريدس وهم يبحثون عن تتابعات دنا التى تتفاعل مع "بركا(٢)"، أن أحد التتابعات يتضمن الأحماض الأمينية التالية: سيرين ، وأيزوليوسين ، وسيرين، وثريونين ، وحمض الجلوتاميك ، وأرچينين . وحسب التعابير العلمية ، فإن اختصار هذه الكلمات تكون حروفها هى " S-I-S-T-E-R = الأخت". وهكذا سمى الچين على اسم ممرضة للسرطان اسمها إيما هى أخت د. ليوك هيوز- دافيز الذى اكتشف الچين .

الحقيقة (٣) : لأول مرة منذ عقود من السنين نجد أن باحثى السرطان متفائلون، ويعتقدون أن أبحاث السرطان وصلت إلى منعطف مهم . وقد ثبت فى النهاية أن أبحاث السرطان هى أكبر مستفيد من صنع خريطة الچينوم البشرى .

الفصل الثامن

الاستنساخ والخلايا الجذعية

حتى لو كان القارئ لايعرف الكثير عن الاستنساخ والآراء الساخنة التى تدور حوله ، إلا أن من المؤكد أنه قد سمع عن دوللى النعجة.

فقد أحتلت هذه النعجة العناوين الرئيسية فيما يرجع إلى الوراء إلى سنة ١٩٩٧ عندما كشف عالِم الأجنة أيان ويلموت هو وزملاؤه فى معهد روزلين باسكتلندا عن أن هذه النعجة هى أول حيوان ثديى يُستنسخ من خلية حيوان بالغ .

أول نسخ ثديى . وهذا أمر هائل جدا حتى أن الكثير من العلماء الذين ليسوا على دراية بالمشروع لم يصدقوا ذلك أولا . وبعد ذلك تمكن العلماء من استنساخ أنواع أخرى كثيرة من الثدييات مثل: حصان ، بقرة ، غزال ، قطة ، قرد؛ فيكوّنون أساسا حيوانا جديدا هو واقعيا توأم متطابق لحيوان واحد هو الحيوان "المانح" البالغ . بل إن الأمر لم يعد فيه ما يُعد خبرا مثيرا . وبدلا من ذلك فإنه وُضع فى منزلة أقل شأنا بالنسبة إلى الأسئلة الحقيقية التى تدور الآن فى ذهن كل واحد : متى سيصل أحدهم إلى استنساخ إنسان ؟ وماذ سيعنى ذلك عندما يحدث؟

فى أثناء ذهاب هذا الكتاب للمطبعة كان بنايوتيس زافوس – اختصاصى الخصوبة الذى يقيم فى الولايات المتحدة – قد أصدر فى التو إعلانه للعالم بأنه لم يقف به الأمر عند استنساخ جنين بشرى ، وإنما وصل أيضا إلى غرس هذا الجنين فى رحم امرأة . وعندما يصل هذا الكتاب للقارئ سيكون العالَم قد عرف ما إذا كانت هذه المرأة أصبحت بالفعل حاملا.(*) وإذا كان هذا قد حدث فما الذى سيكون فيه صالح هذا الطفل عند ولادته ؟

(*) لم يستطع زافوس أن يقدم الدليل العلمى على صحة إدعائه ، وأصبحت أقواله تعد مجرد مزاعم للدعاية الشخصية . (المترجم)

على أن المجتمع العلمى ثار غضبه لهذا الإعلان حتى قبل أن يعرف العلماء ما إذا كان زعم زافوس حقيقيا أم لا . ويرأس لورد ماى أوف اكسفورد الجمعية البريطانية الملكية وقد قال لوكالة رويترز: "يبدو أن الدافع لتجارب أنصار تكاثر الناس بالاستنساخ هو الدعاية التى يؤدى إليها إجراء هذه التجارب فى مواجهة ضد الآراء العلمية والطبية السائدة، أكثر من أن يكون ما يدفعهم هو أى احترام أصيل فيه التزام إزاء تلك الحيوانات البشرية التجريبية التى ستسهم فى تجاربهم".[١]

> ثبت عمليا من كل معطيات تجارب استنساخ الحيوان وجود معدل مرتفع ارتفاعا استثنائيا لموت الأجنة ، والإجهاض ، وموت المواليد ، كما أن الكثير من الحيوانات المُستنسخة فيها عيوب ولادية مهلكة .
>
> عالم الولادة جيرالد سكاتن

ثلاثة أنواع مختلفة من الاستنساخ(*)

يستخدم العلماء الكلمة كمصطلح شامل لأى عملية تستطيع أن تصنع نسخة من أى مادة وراثية سواء كانت هذه المادة شظية من دنا أو حيوان كامل .

وتشير كلمة الاستنساخ أحيانا إلى عملية نسخ شظية من دنا بحيث يكون هناك كمية من الشظايا المتطابقة تكفى لأن يدرسها أحد العلماء . ومثل ذلك: فإن علماء أبحاث الجرائم يستخدمون طريقة لاستنساخ دنا تسمى تفاعل تسلسل البوليميرز

(*) المعجم الطبى الموحد يترجم كلمة Cloning بالاستنسال وهى أفضل من ترجمتها بالاستنساخ، خاصة وأن كلمة استنساخ تستخدم لترجمة مصطلح وراثى آخر هو Transcription، إلا أن الاستنساخ أصبحت شائعة. (المترجم)

ومخصورتها الإنجليزية "بى سى أر= PCR" ، وذلك عندما يحتاجون لعمل نسخ كثيرة من شدفة دقيقة لدنا وُجدت فى الدم ، أو الشعر ، أو الجلد ، أو المنى فى مشهد الجريمة . وهذا شكل من الاستنساخ مقبول على نطاق واسع ويستخدم يوميا فى المعامل فى كل أرجاء العالم .

ثم هناك الاستنساخ التكاثرى ، وهو تكنولوچيا لتكوين حيوان جديد بالكامل (النسيخ) من المادة الوراثية لحيوان موجود (المانح) . ولقد تكونت دوللى بتكنولوچيا الاستنساخ التكاثرى .

كيف يُصنع حيوان كامل جديد:

لقد تكونت دوللى هى ومعظم الحيوانات المستنسَخة الأخرى عن طريق عملية الاستنساخ التكاثرى ، فى عملية تسمى بأنها "النقل النووى للخلية الجسدية" . ويستخدم أحد العلماء أساسا إبرة دقيقة لجذب مادة دنا من نواة خلية مانحة وينقلها إلى بويضة مجوفة يكون قد سبق أن نزع منها ما لها من نواة ومادة وراثية . ولكى حتى نجعل الخلية تبدأ فى الانقسام يعمل فنيو المعمل على "حث" البويضة بحمام كيميائى أو بصدمة كهربائية . وما إن يحدث للبويضة عدة انقسامات ناجحة حتى ينقلها العلماء إلى رحم حيوان أنثى ، فتحمل هذه البويضة حتى تلدها . وكثيرا ما تُميز دوللى وغيرها من النسائخ بأنها "توأم" للحيوان الواهب للمادة الوراثية ، ولكن هذا ليس صحيحا . فإذا كان دنا فى نواة الحيوان النسيخ قد أتى بلا استثناء من المانح ، إلا أن لنا أن نتذكر أن كل بويضة تحمل بعضا من دنا خارج نواتها هى چينات قليلة مما يسمى دنا الميتوكوندرى. وبالتالى فإن النسيخ لديه أيضا بعض مادة وراثية من ناحية البويضة المجوفة التى تدخل فى معادلتنا .

وفى حدث غير عارض ، قد تطفر المادة الوراثية أو تتلف فى أثناء العملية المعملية، وهو الأمر الذى يمكن أن يفسر السبب فى أن الكثير من الحيوانات النسيخة لا تظل

باقية حتى عمر متقدم وهى فى صحة . ويواجهنا الآن تحد هائل يجب أن نعالجه ، وهو أن نعثر على ما يكونه بالضبط السبب فى أن الحيوانات النسيخة تظهر فيها مشاكل بالغة الكثرة ، وخاصة إذا كان المجتمع ينظر فى أمر استنساخ الحيوانات من أجل الطعام أو استخدام تكنولوچيا الاستنساخ لصنع الأدوية أو الأطفال .

وكما يقول أيان ويلموت الذى قاد مجهودات استنساخ دوللى: "هناك أسئلة كثيرة تُلقى حول الخلايا المستنسَخة يجب أن نجيب عليها قبل أن يكون فى استطاعتنا تبرير وضعها داخل أحد المرضى".[٢]

إن الاستنساخ العلاجى هو استنساخ الأجنة البشرية لنحصد منها خلايا الجذع لاستخدامها طبيا ، ويتم إنجاز ذلك الاستنساخ بالطريقة نفسها مثل الاستنساخ التكاثرى. ووجه الاختلاف هو أنه بدلا من غرس الجنين فى امرأة، فإن العلماء يدمرونه بحيث يستطيع الباحثون استخلاص خلاياه الجذعية ، وهى خلايا ذات قدرة شاملة بحيث تستطيع اتخاذ شكل أنواع مختلفة من الخلايا ، مثل الخلايا الموجودة فى المخ أو العضلات أو غير ذلك من الأعضاء ، ويمكن استخدامها للعلاج الطبى .

مخاطر الاستنساخ

بعد أن ظهرت دوللى فى ١٩٩٧ ظن معظم الملاحظين أن الأمر أصبح مجرد مسألة وقت حتى يتمكن أحد العلماء والمارقين فى مكان ما من العالم من تكوين نسيخ بشرى فى المعمل .

ومع أن هذا حقيقى ، إلا أن إنتاج نسيخ ، سواء كان من البشر أو غير ذلك ، لهو عملية فيها صعوبة وعدم كفاءة بدرجة استثنائية . وكمثل فإن دوللى كانت الناتج الحى الوحيد لعدد من المحاولات وصل إلى ٢٧٧ . ودوللى مثل معظم النسائخ الحيوانية قد تكونت عن طريق تكنيك يسمى الزرع النووى الجسدى . والعملية أساسا هى أن العلماء يجوفون إحدى البويضات ، ويملؤونها بمادة وراثية من خلية من أحد المانحين ،

ثم يدمجون الاثنين معا حتى يحدث تكاثر . وبعد أن يحدث انقسام للخلية لرقم معين يغرس العلماء البويضة المخصبة فى أنثى تحمل الجنين حتى ولادته . ولكن هذه عملية قد تصيب الهدف أحيانا أو قد تخطئه أحيانا . فلقد حدث أنه من بين تسعة وعشرين جنينا نسيخا نتجت عن تجارب الغنم ، كانت دوللى هى الجنين الوحيد الذى تمت ولادته .

وداعا يا دوللى

لقد احتل ميلاد دوللى عناوين الصفحة الأولى ، إلا أن الكثيرين منا قد فاتتهم أخبار موتها . ماتت دوللى بحقنة قاتلة فى ١٤ فبراير ٢٠٠٣ بعد أن عانت من سرطان فى الرئة ونوبات من التهاب مفاصل مقعد . وماتت دوللى فى عمر ست سنوات وهو ما يقرب من نصف مدى حياة الغنم من نوعها . ويظن بعض العلماء أن ثمة أمرا يتلازم مع عملية الاستنساخ التكاثرى ، ويؤدى إلى نسائخ حيوانية مريضة أو بأحجام أكبر من الطبيعية ، ويأملون أن يجدوا التفسير لذلك .

فى أثناء حياتها القصيرة ولَدت دوللى ستة من الحملان بالطريقة الطبيعية .

هكذا فإن الاستنساخ يمكن أن يكون مصدر خطر على صحة النسيخ الصغير.

إن جيرالد سكاتن هو نائب رئيس قسم الولادة فى مدرسة الطب بجامعة بيتسبرج، وقد قال منذرا فى صحيفة "يواس توداى" ، "ثبت عمليا من كل معطيات تجارب استنساخ الحيوان وجود معدل مرتفع ارتفاعا استثنائيا لموت الأجنة ، والإجهاض، وموت المواليد ، كما أن الكثير من الحيوانات النسيخة فيها عيوب ولادية مهلكة". [٣]

فالنسائخ المولودة يكون لها نمطيا حجم أكبر من الطبيعى ، وكثيرا ما تعانى من التهاب المفاصل ، والسرطان ، وأمراض أخرى . وهذا سبب كبير فى أن أغلب العلماء

يتخذون موقفا ضد ما يسمى بأنه الاستنساخ التكاثرى البشرى ، أى نوع الاستنساخ المستخدم لتكوين حيوان جديد من المادة الوراثية لحيوان موجود من قبل. والأمر ببساطة أن هذا فيه خطر أكثر مما ينبغى .

ولقد أُجريت أبحاث فى "معهد هواتهيد للأبحاث الطبية البيولوچية " التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوچيا ، وحسب هذه الأبحاث نجد أنه حتى عندما تبدو النسائخ طبيعية ، فإنها مع ذلك قد يكون فيها أوجه تلف وراثية يمكن أن تسبب مشاكل طبية غير قابلة للتنبؤ . وكما يقول كيفن إيجان أحد الباحثين فى فريق هوايتهيد: "يمكن لتلف تلك الچينات فى البشر أن يسبب (حالات مثل) التأخر العقلى".(٤)

الاستنساخ - السجل الزمنى(*)

١٩٥٢ العلماء يكونون أول حيوان مستنسخ ، أبى زنيمة (فرخ الضفدع) .

١٩٧٢ العلماء يستنسخون أول چين ، ويستخدمون خميرة تدمج الچين فى خلاياها وتتكاثر .

١٩٧٦ ولادة أول فئران تحوى دنا البشرى.

علماء معهد سولك فى لاجولا بولاية كاليفورنيا يكوّنون تلك الفئران "عبر الچينية" حتى يستطيعوا أن يختبروا بمزيد من الدقة الأدوية البشرية فى حيواناتهم المعملية .

١٩٨٧ ولادة لويز "طفلة الأنابيب" . فلويز أول طفل يُحمل به عن طريق الإخصاب فى أوانى المعمل الزجاجية . أى أن الحيوان المنوى

(*) بعض الأحداث العلمية المذكورة فى هذا السجل ليست استنساخا وإنما هيأت الأذهان للاستنساخ ، مثل أطفال الأنابيب . (المترجم)

والبويضة المسئولان عن تكوين الجنين قد التقيا فى أنبوبة اختبار وليس فى امرأة . وتمت حتى الآن ولادة أكثر من مليون طفل أنبوبة اختبار فى البلاد الغربية .

١٩٩٦ الحمل بدوللى – بعد مرور سنة – كشف لعلماء معهد روزلين للعالم عن أول حيوان ثديبى نسيخ . وتم قتلها قتلا رحيما(*) فى ٢٠٠٢ بعد معاناتها من السرطان والتهاب المفاصل .

١٩٩٨ علماء جامعة هاواى يستنسخون من خلايا بالغة أكثر من خمسين فأرا . والباحثون اليابانيون يكوّنون ثمانية عجول نسيخة .

٢٠٠١ بريطانيا تصبح أول بلد فى العالم تقنن تكوين الأجنة البشرية – ليس لتكوين نسائخ إنسان حية ، وإنما لتكوين أجنة يمكن أن تؤخذ "خلاياها الجذعية" لتستخدم فى التجارب . (حسب اللوائح الجديدة يجب تدمير النسائخ بعد أربعة عشر يوما ، ومما يتنافى مع القانون أن يتم تكوين أطفال حية بالاستنساخ).

٢٠٠٢ العلماء فى جامعة إيه وإم (A&M) فى تكساس يستنسخون قطة منقطة وبيضاء . ويسمونها القطة "سى سى = CC" كمخصورة للكلمة الإنجليزية التى تعنى "نسخة قطة" .

٢٠٠٣ الجمعية الأمريكية الطبية تؤيد الاستنساخ لغرض البحث ، ولكنها تقول: إن الأطباء الذين يعارضون الاستنساخ أخلاقيا لهم أن يرفضوا ممارسته .

(*) القتل الرحيم euthansia قتل الكائن الحى بطريقة خالية من الألم عندما يعانى من مرض عضال لا شفاء منه . (المترجم)

أيان إيلموت العالم الذى استنسخ دوللى ، وهو الآن معلّق رئيسى على هذا الموضوع الخلافى ، يوافق على أن الاستنساخ التكاثرى فيه إمكانات تجعله جديرا بالاهتمام للأغراض المالية فى تربية الحيوان ، ولكنه فى الوقت نفسه أخطر من أن نجربه على البشر . فيقول ويلموت: "لاريب فى أن هناك أدلة تتضايف على أنه ينبغى أن يكون هناك حظر شامل ضد نسخ البشر فكيف يمكن لأى فرد أن يجازف باستنساخ طفل فى حين أن مصير نتاج ذلك غير قابل للتنبؤ ؟(٥)

> ظللت أتعامل بطب الإنجاب طيلة خمس وعشرين سنة ولم أفشل فيه قط. لست أنوى أن أفشل فيه الآن.

بنايوتيس زافوس طبيب الخصوبة، وهو يتحدث عن مزاعمه بأنه قد غرس جنينا نسيخا فى امرأة (من مقال طبيب الاستنساخ يرفض النقد خدمات أنباء رويترز ، ٢٣ يناير ، ٢٠٠٤)

فمن المحتمل أن هذا لن يوقف عالِم مارق مثل بانايوتيس زافوس عن إجراء محاولاته . وإذا حدث أنه لم ينجح ، فمن المرجح أن شخصا آخر سيحاول ذلك كما يقول المراقبون . ويرأس توماس موراى ، عالِم أخلاقيات البيولوچيا ، مركز هاستنجز ، وهذا المركز مستودع فكرى لعلماء أخلاقيات البيولوچيا فى جاريسون بنيويورك ، وهو يقول: " من المحتم على نحو مطلق أن هناك جماعات ستحاول استنساخ كائن بشرى . ولكنهم سيكوّنون فى طريق ذلك الكثيرين من الأطفال الميتين أو الذين سيموتون". (٦)

فإن الكثيرين من هؤلاء العلماء أنفسهم يسارعون مع ذلك إلى الحث على ألا يمتد الحظر إلى الاستنساخ العلاجى وحصد الخلايا الجذعية لشفاء الأمراض . ويقول العلماء إن استخدام الخلايا الجذعية لتنمية خلايا جديدة فيه إمكانات لعلاج أو شفاء عشرات من الأمراض الضمورية ، ابتداء من مرض القلب حتى مرض باركنسون ووصولا إلى الفشل الكلوى .

علاج مرض باركنسون بالخلايا الجذعية

هل يمكن لتكنولوچيا الخلايا الجذعية أن تساعد على عكس الانحطاط الجسدى الذى يعانى منه مرضى باركنسون ؟

يرى علماء كثيرون أن الإجابة هى نعم . ويقول أول لندفال ، الباحث السويدى والخبير المرموق بالخلايا الجذعية: إنه يتوقع أنه سيتمكن من تحويل الخلايا الجذعية إلى الخلايا العصبية المنتجة للدوبامين التى يحتاجها مرضى باركنسون أشد الاحتياج. ولكن هذا سيستغرق زمنا .

ويقول ليندفال: "تستطيع الخلايا الجذعية أن يكون لديها الإمكان لأن تفيد فى علاج مرض باركنسون، ولكننا سنجد مشاكل صعبة جدا فى توليد أعداد كبيرة من العصبونات المنتجة للدوبامين ، وهى الخلايا التى نحتاجها هنا . فأنا مقتنع أن تكنولوچيا الخلايا الجذعية تستطيع أن تصبح فى المستقبل العلاج الشافى للحالات التى تؤدى إلى الاضرار بالمخ – ولكنى أعتقد أن أمامنا طريقا طويلا نقطعه فى هذا الصدد".[٧]

لقد نجح العلماء بعض النجاح فى علاج مرض باركنسون فى الحيوانات باستخدام خلايا جذعية أُخذت من أجنة حيوانات مجهضة . إلا أن ليندفال يقول: إن هذه الخلايا الجذعية ليست فعالة مثل الخلايا التى حُصدت من أجنة مبكرة جدا عمرها أيام معدودة لاغير .

كما أن هناك إمكان آخر . فلقد بينت أبحاث ليندفال أن مخ الجرذ بعد إصابته بسكتة دماغية ينتج بالفعل خلايا مخ جديدة تنتقل إلى المنطقة التالفة . فربما يكون من هذه العملية ومضافا لها بعض حفز بالأدوية مصحوبا بالعلاج بالخلايا الجذعية؛ العلاج النهائى لمرض باركنسون.

يقول ويلموت: "أنا مقتنع بأن الاستنساخ العلاجي يطرح فرصا صحية لا نستطيع الحصول عليها بأى وسيلة أخرى" ، ويضيف: إنه ينبغى ألا يحظر الاستنساخ العلاجى مع حظرنا للاستنساخ التكاثرى .[٨]

وهناك مخاوف من أنه لو سُمح بالاستنساخ العلاجى ، فإن باحثا مارقا قد يقرر أن يغرس جنينا مستنسخا بدلا من أن يدمره ، ويرد ويلموت على هذه المخاوف بقوله: "لن نستطيع إيقاف هذه الأبحاث القيمة عن التقدم أماما بحجة الخوف من وجود بعض التفاح المعطوب . فإن هذا هو ما توجد القوانين من أجله".

الاستنساخ من أجل الخلايا الجذعية

يعمل روبرت لانزا فى شركة "التكنولوچيا المتقدمه للخلايا " ، وهو يقول: "هدفنا هو أن نستخدم هذه التكنولوچيا لتوليد خلايا جذعية لعلاج أمراض خطيرة تهدد الحياة، وليس أن نكوّن طفلا" . وأخبرنى لانزا: إن محاولته هى إحدى المحاولات القليلة جدا فى العالم التى نجحت فى استنساخ جنين بشرى . فشركة التكنولوچيا المتقدمة للخلايا هى واحدة من شركات خاصة قليلة جدا فى الولايات المتحدة واصلت العمل فى أبحاث الخلايا الجذعية بعد أن أوقفت حكومة الولايات المتحدة التمويل الفيدرالى لهذه العملية.[٩]

ودعنا نعتبر أن الخلية الجذعية خلية ذات قدرة شاملة ، فالخلية مرحلة مبكرة تحافظ على القدرة على أن تشكل تقريبا أى نوع من الخلايا أو أى صنف من الأنسجة فى جسم الإنسان . ومع استخدام القليل من الحث الكيميائى، تستطيع الخلية الجذعية أن تتحول إلى خلية قلب جديدة لعلاج ضحايا النوبات القلبية ، أو تتحول لعصبونات جديدة لعلاج السكتة الدماغية ، أو الشلل ، أو مرض باركنسون ، أو تتحول إلى خلايا بنكرياس جديدة تفرز الأنسولين لعلاج السكرى . ويعتقد العلماء أننا سنتمكن – ونحن

نقطع هذا الطريق - من تكوين بنى معقدة مثل الأوعية الدموية ، وأنسجة الكبد ، والكلى بأكملها . والحقيقة: إن العلماء فى شركة "التكنولوچيا المتقدمة الخلايا " قد نجحوا بالفعل فى بناء كلى بقر دقيقة الصغر يمكن استخدامها فى عمليات زرع الكلى. ويقول لانزا: إنه ليس من الصعب أن نتصور لأنفسنا مستقبلا حيث يمكننا إلى حد كبير هندسة أى نوع من الأعضاء والأنسجة حتى تحل مكان تلك التى أتلفها السن، أو الإصابة بجرح ، أو المرض .

الباحثون يكوّنون مفصلا من الخلايا الجذعية

يقول العلماء: إنهم تمكنوا من بناء البنية الكروية لأحد المفاصل من خلايا جذعية بالغة أُخذت من نخاع عظام جرذ .

يعمل الباحث جيريمى ماو فى جامعة إلينوى فى شيكاغو ، وهو يقول: إنه نجح فى تحويل الخلايا الجذعية إلى عظام وأنسجة غضروفية لمفصل فك بشرى. "يمثل ذلك أول مرة يحدث فيها أن ينمّى من مجموعة واحدة من خلايا جذع بالغة شكل بشرى (لمفصل الفك) فيه معا الأنسجة المماثلة للغضاريف والعظام". ويشغل ماو منصب مدير معمل هندسة الأنسجة فى جامعة إلينوى بشيكاغو كما أنه يعمل فيها أستاذا للهندسة الحيوية وتقويم الأسنان ، وقد أدلى بالتصريح السابق وهو يتحدث إلى مؤتمر صحفى فى جامعة إلينوى بشيكاغو فى ١ ديسمبر ٢٠٠٣ .

ويضيف ماو: "هدفنا النهائى هو أن نكوّن (مفصل فك) قابلا للحياة بيولوجيا، وهو بناء يتكون من أنسجة حية ويندمج مع ما يوجد من عظام ويعمل مثل المفصل الطبيعى". وحتى الآن فإن هذه العملية ، التى اختبرت فقط فى الحيوانات ، تعطى الوعد بأن تقود إلى تكنولوچيا قد تساعد الأطباء فى إحلال مفاصل الفخذ ، والركبة ، والكتف التى يتلفها التهاب المفاصل أو الأمراض الأخرى .

إن هذه العملية عملية مباشرة نسبيا . ففى أول الأمر استحث الباحثون الخلايا الجذعية بما هو مناسب من المواد الكيمائية ، والمغذية ، وهرمونات النمو ، لتتحول إلى خلايا قادرة على إنتاج الغضاريف والعظام، ثم فصل الباحثون الخلايا إلى طبقتين وصبوهما فى قالب مصنوع من عظام فك جثة بشرية . وسعد الباحثون بعد أيام قليلة عندما اكتشفوا أنهم حصلوا على ما كانوا يبحثون عنه وهو نسيج فى شكل المفصل فيه نسيج عظام من الداخل وغضاريف من الخارج ، تماما مثل المفصل البشرى . وأثبتت الاختبارات أن النسيج المهندَس هو بالفعل عظام وغضاريف وفيه بالفعل كل مكوناتها النمطية بما فيها الكالسيوم .

إن الخلايا الجذعية البالغة – أى الخلايا الجذعية التى توجد فى غضروف العظام – هى عموما ليست بالقدرة الشاملة مثل قدرة الخلايا الجذعية التى تحصد من النسيج الجنينى . فإن هذه الدراسة تثبت أن الخلايا الجذعية البالغة قد تكون أكثر فائدة مما كان يعتقد سابقا .

يقول لانزا: " هذا ليس مطلقا من قصص الخيال العلمى . ويتحرك هذا المجال متقدما فى سرعة بالغة تشكل ظاهرة ، بحيث إنه بحلول الوقت الذى يزدهر فيه هذا الوليد ازدهاره السريع ، يمكن أن يصبح هذا الشأن من الأمور الروتينية ". وهو يضيف: إن العلماء قد أنشأوا بالفعل تكنيكات تستطيع أن تشفى ضمور البقعة الشبكية، وهو نوع من خلل وظيفى فى الشبكية يؤدى إلى سوء الرؤية والعمى فى أكثر من ١,٧ مليون من الأمريكيين . إلا أن الوصول بهذه التكنيكات إلى طور التجارب الإكلنيكية لهو أمر مختلف تماما. ويقول لانزا: "لدينا فحسب ثمانية من العلماء وبفضل من (حظر التمويل الفيدرالى) فإنه يحدث أحيانا أننا لا نتمكن من توفير أجورهم إلا بالكاد . أمل أننا عندما نتمكن من أن نبين أننا قادرون على شفاء السكرى فى الكلاب، فإنه بمجرد أن نفعل ذلك سيضج الناس بمطالبهم فى هذا الشأن . وعندها سيتغير كل شىء".[١٠]

الخلاف

فى أثناء ذلك يتواصل تأجج الخلاف . فلم يجعل الرئيس جورج دابليو بوش من موقفه سرا من الأسرار فيما يتعلق بقضية أبحاث الخلايا الجذعية . وقد قال فى خطابه التليفزيونى للأمة فى أغسطس ٢٠٠١: "إننا نجفل إزاء فكرة تنمية كائنات من البشر من أجل قطع غيار للجسم ، أو فكرة أن نخلق حياة لأغراض خاصة لفائدة لنا".

كانت الأمم المتحدة قد تهيأت للدخول فى شأن معاهدة طويلة الأمد لمنع العلماء من متابعة الاستنساخ التكاثرى وحده ، ولكنها بدلا من ذلك ارتطمت بطريق مسدود عندما ضغطت عليها الولايات المتحدة ، والفاتيكان ، وخمسون دولة كاثوليكية لتحظر الأمم المتحدة الاستنساخ العلاجى أيضا . وهكذا وُضعت القضية كلها على الرف حتى تدرسها وفود الدول دراسة أكثر. ولن تُعرض المعاهدة للنقاش ثانية حتى ٢٠٠٥ .

أعلى عشرة أسباب للموت فى الولايات المتحدة

حسب "مراكز التحكم فى المرض والوقاية " فإن أعلى الأسباب لموت الأمريكيين هى كالتالى :

١ – مرض القلب .

٢ – السرطان .

٣ – السكتة الدماغية .

٤ – الأمراض المزمنة للجهاز التنفسى السفلى .

٥ – الحوادث .

٦ – السكرى .

٧ - الالتهاب الرئوى /الإنفلونزا .

٨ - مرض الزهايمر .

٩ - مرض الكلى.

١٠ - الانتحار .

الوفيات : البيانات النهائية لعام ٢٠٠١ (المركز القومى للاحصائيات الصحية/ مراكز التحكم فى المرض والوقاية) .

تباينت استجابة العلماء تباينا واسعا . فالبعض منهم مثل بوب وارد المتحدث باسم الجمعية الملكية فى المملكة المتحدة قال: "عدم اتخاذ قرار خير من القرار الخطأ" .

وقال بعض العلماء فى تقارير إخبارية أخرى: إنهم أحسوا بأنهم قد غُشوا . يقول لارى جولدشتين: "بدلا من حظر الشىء الذى اتفقنا عليه جميعا، انتهى بنا الأمر إلى عدم وجود أى حظر ، لأن هناك متطرفين يرفضون أى حل وسط"[11]، ولارى جولدشتين باحث فى الخلايا الجذعية بجامعة كاليفورنيا فى سان دييجو.

سيكون فى ذلك خطر وانعدام للإحساس بالمسئولية علميا . ولست أعرف أى عالم له احترامه ويرى استخدام هذه التكنولوجيا للاستنساخ لأغراض تكاثرية.

روبرت لانزا عالم الاستنساخ العلاجى ، كما استشهد به وجولدمان روم فى مقال "سبعة أيام من الخلق" ، مجلة "وايرد" ، يناير ٢٠٠٤ .

يحس بعض الملاحظين بالقلق من أن تأخر الأمم المتحدة فى حظر الاستنساخ التكاثرى البشرى يعطى بعض نوع من ملاذ آمن للعلماء الذين يأملون فى أن يصنعوا لأنفسهم اسما كبيرا أو ربحا سريعا عن طريق تكوين نسائخ بشرية .

التوالد العذرى(*) : هل هو الاجابة السهلة ؟

فى يناير ٢٠٠٤ أصدر لانزا وزملاؤه فى شركة "التكنولوچيا المتقدمة للخلايا" إعلانا بأنهم قد نجحوا فى أن يصلوا بجنين بشرى إلى حد المائة خلية من خلال تكنيك يسمى التوالد العذرى . فكانت هذه أخبارا مهمة .

ويحدث هذا النوع نفسه من التكاثر فى الثعابين وبعض الطيور ، ويؤدى التوالد العذرى إلى تكوين أجنة (أو كائنات عذرية) لاتحوى الكروموسومات الذكرية اللازمة لصنع المشيمة ، وبالتالى يكون من المرجح أنها لا يمكن أن تولد قط كإنسان حى . وربما لن تكون الخلايا الجذعية التى تتكون هكذا مثارا للخلاف مثل الأخرى ، وقد تصبح هذه هى الطريقة الأساسية لحصد الخلايا الجذعية للأغراض العلاجية .

> أنا أعارض بقوة الاستنساخ البشرى ، بمثل ما يعارضه معظم الأمريكيين. فإننا نجفل إزاء فكرة تنمية كائنات من البشر من أجل قطع غيار للجسم ، أو فكرة أن نخلق حياة لأغراض خاصة لفائدة لنا . وبينما يجب أن نكرس جهدا هائلا لقهر المرض ، إلا أنه يساوى ذلك أهمية أن نبذل انتباها لهواجس القلق الأخلاقية التى تثيرها الجبهة الجديدة لأبحاث خلايا الجذع فى الأجنة البشرية . بل إنه حتى أنبل الغايات لن يكون فيها ما يبرر أى وسائط .

جورج دابليو بوش، رئيس الولايات المتحدة ٩ أغسطس ، ٢٠٠١ .

(*) التوالد العذرى ينتج عن حمل بدون إخصاب أو لقاح، فتنمو بويضة غير مخصبة إلى كائن جديد كما فى بعض الحشرات والمفصليات . (المترجم)

يقول لانزا: "هذا مشروع بحث متواصل ولا تزال أمامنا خطوات كثيرة فيه، بما فى ذلك تطوير الخلايا إلى علاجات قابلة للتطبيق ".

هذه القضية كلها ، من حيث المبالغة فى التهويل فى الولايات المتحدة، والحظر الذى يمكن أن تفرضه الأمم المتحدة على الاستنساخ ، تثير غضب لانزا الذى ينادى بأن العلاج بالخلايا الجذعية هو أحسن وسيلة لدى الملايين من الأمريكيين حتى يعالجوا بكفاءة أمراضهم الضمورية . يقول لانزا: "لن يكون من السلوك بضمير حى أن ينكر الكاثوليك والإنجيليون على الآخرين حقهم فى تلقى علاجات طبية . وهذه كل قضية الكنيسة والدولة . فمن هى تلك الحكومة التى ستتخذ موقفا منحازا فى هذه الخلافات العقائدية ؟ ينبغى عليهم أن ينظروا باهتمام لما يتعلق بصحة وعافية مواطنيهم".

> لدينا فى أحد كفتى الميزان مرضى يموتون من نقص الأنسجة القابلة للزرع، ولدينا فى الكفة الأخرى بعض من يحاولون استنساخ إنسان. وهل ننقذ حياة مئات الآلاف من الأفراد ، أو نمنع كل شىء خوفا من أن أحدهم سيسئ استخدام هذه (التكنولوجيا) ؟ أنا أفضل مساعدة الأفراد المرضى .

مايكل ويست ، رئيس مجلس إدارة شركة التكنولوجيا المتقدمة للخلايا، كما استشهد به و. جولدمان روم ، فى مقال سبعة أيام من الخلق، وايرد ، يناير ٢٠٠٤ .

فى أثناء كتابة هذا ، أقر مجلس نواب الولايات المتحدة لائحة تحظر كل أنواع الاستنساخ، واتُخذ الإجراء نفسه فى مجلس الشيوخ، وفى الوقت نفسه يتابع لانزا بحثه فى أثناء فترة بقاء الأمر قانونيا – ثم يترقب بعدها .

الخلايا الجذعية قد تعالج الحثل العضلى

تبين الدراسات التى أجريت على الفئران أن هناك نوعا من الخلايا الجذعية فى الأوعية الدموية يمكن أن يفيد المرضى الذين يعانون من مرض يؤدى لهزال العضلات هو "الحثل العضلى" .

فلقد اكتشف الباحثون فى ميلانو و روما أن الخلايا الجذعية للأوعية الدموية تمر بالفعل من تيار الدم إلى داخل النسيج العضلى ، حيث تساعد على توليد ألياف عضلية جديدة . ويقول الباحثون: إن هذا قد ينجح فى فئران لديها أعراض مشابهة للأعراض التى تنتج عن الحثل العضلى . ويعمل جويلو كوسو فى "معهد الخلايا الجذعية" بميلانو. وقد تحدث فى ١٠ يوليو ٢٠٠٣ فى مؤتمر صحفى " بالجمعية الأمريكية لتقدم الطب"، فقال: "على الرغم من أن هذه النتائج مثيرة ، إلا أننا لم نشف الفئران. نحن نعتقد أن هذه خطوة لها مغزاها تجاه الوصول لعلاج ، أما السؤال الذى يبقينى مستيقظا فى الليل فهو: عما إذا كان هذا سوف ينجح فى الحيوانات الأكبر"؟

هذا النوع بعينه من الخلايا الجذعية جديد على العلماء ، وذلك أنه لم يكتشف إلا من سنة واحدة . وحسب كوسو فإنهم مازالوا يتعلمون طريقة تعيينها بواسطة المظهر والوظيفة ، وهم حتى الآن قد فصلوها فقط من خلايا الدم الجنينية . وبالإضافة ، يحتاج الباحثون إلى صقل جزء من العملية يتطلب أن نسخة سليمة صحيا من الچين الذى يسبب الحثل العضلى ، يتم إيلاجها داخل الخلية الجذعية . ولن نتبين إلا بمزيد من التجارب ما إذا كانت هذه العملية ستكون بأى حال آمنة أمانا كافيا للبشر.

أما عما جرى لفئران كوسو ، فمن المؤكد أنها تحسنت كنتيجة لهذه العملية. وأصبحت عضلاتها بعد العلاج أكبر وفيها ألياف عضلية أكثر. كما أنها تمكنت من السير فوق عجلة لزمن أطول من الحيوانات التى لم تعالج . وتحدث كوسو إلى

الصحافة فقال: " أنا مقتنع بأن هذه نتيجة مهمة، ولكن هذا ليس بعلاج بعد – سواء للفئران أو المرضى ". هكذا تحدث كوسو ليؤكد على أن التكنيك لا يزال تكنيكا جد تجريبى .

ما لدينا من حقائق

الحقيقة (١) : الحيوانات المستنسخة كلها تقريبا مولودة بعملية قيصرية(*)، لأن هذه الحيوانات لها حجم أكبر من أن تتم ولادتها بالطريقة التقليدية . ولا يعرف العلماء السبب فى أن الحيوانات المستنسخة كثيرا ما تعانى مما يسمى بمتلازمة المولود الضخم. وتقول إحدى النظريات: إن هذا له علاقة بطريقة التعبير عن الچينات فى أثناء تنامى الجنين .

الحقيقة (٢) : خلايا الجذع الجنينية ذات قدرات متعددة . وهذه الخلايا لديها الإمكان لتشكيل أى خلية أو نسيج فى الجسم البشرى .

الحقيقة (٣): أيدت الجمعية الطبية الأمريكية فى ٢٠٠٢ أبحاث الاستنساخ العلاجى ، وقالت: إنه طبيا يعد أخلاقيا . على إنه يحق للأطباء الذين يعارضون ممارسته أن يمتنعوا عن أدائه .

الحقيقة (٤) : " أول عالِم عزل خلايا جذعية جنينية بشرية هو جيمس تومسون بجامعة ويسكنسون فى ماديسون ، وأطلق بذلك العنان لخلاف على نطاق العالم لا يزال متأججا .

(*) العملية القيصرية هى الولادة بعملية شق للبطن وليس بالطريقة الطبيعية من المهبل. (المترجم)

الحقيقة (٥) : دعنا نفكر فى الخلايا الجذعية كنوع من الخلايا له قدرة شاملة، خلايا من مرحلة مبكرة لديها الإمكان لأن تتخذ شكل أى نوع من خلايا الجسد، ويعتقد عدد متزايد من العلماء أنه سيصبح فى الإمكان ذات يوم استخدام الاستنساخ لتوليد خلايا جذعية تعالج مدى واسعا من الأمراض البشرية ، بما فى ذلك مرض باركنسون، والزهايمر ، وتخلخل العظام ، والسكرى، وتصيب مثل هذه العلل أكثر من ١٢٥ مليونا من الأمريكيين.

الفصل التاسع

العلاج الجينى

لعله لا يوجد بين علوم دنا حاليا ما يماثل فرع المعرفة الذى يسمى بالعلاج الچينى من حيث إنه الأكثر بعثا للأمل ، كما إنه خلافى، وفيه ترويج لدعاوى مبالغ فيها، بل ولا يوجد ما يماثله كمصدر محتمل للمخاطر .

فى ١٩٩٠ سُجل تاريخيا اسم أشانتى دى سيلفا الصغيرة البالغة من العمر أربعة أعوام ، باعتبارها أول شخص فى العالم يعالج بنجاح بالعلاج الچينى . وكانت أشانتى تعانى من حالة شديدة من المتلازمة المشتركة لنقص المناعة ومخصورتها الإنجليزية (SCIDS = سكيدز) ، وتنتج عن طفرة فى چين واحد ، وأدت إلى عجز بالغ فى جهازها المناعى . وكنتيجة لذلك أصبحت مستهدفة لالتقاط العدوى من أى جرثومة عابرة . فالأطفال المصابون بهذا المرض (الذين يسمى باللغة الدارجة "مرض طفل الفقاعة")(*) نادرا ما يظلون أحياء حتى البلوغ. إلا أن الأطباء تحت قيادة فرنش أندرسون فى جامعة كارولينا الجنوبية تمكنوا بالفعل من إيلاج دنا الذى يصحح الطفرة التى تشفر للبروتين المعيب الكامن وراء المرض. ومن الواضح حتى اليوم أن أشانتى قد شفيت .

فى ١٩٩٩ سُجلت تاريخيا واقعة أكثر إثارة للأسى . فقد تطوع چيس چلسنجر، الذى يبلغ من العمر ثمانية عشر عاما ، لإجراء تجربة للعلاج الچينى فى جامعة بنسلفانيا تتعلق بمرض مزمن فى الكبد كان يعانى منه . وراح چلسنجر فى غيبوبة ومات بعدها بأيام قلائل . على الرغم من أن أفرادا آخرين فى هذه الدراسة قد عانوا من أعراض جانبية قليلة ، فإن من الظاهر أن جسد چلسنجر عانى من رد فعل مناعى عنيف إزاء العلاج. وثبت توها "إدارة الطعام والدواء " لاتخاذ إجراءتها . وأوقفت

(*) يعالج الأطفال المصابون بهذا المرض بعزلهم فى خيمة أو (فقاعة) بلاستيكية شفافة قد تم تعقيم الهواء داخلها ، فلا تصلهم أى جراثيم. (المترجم)

الدراسة التى أسهم فيها چلسنجر ، ووضعت بدلا من ذلك ضوابط أشد صرامة على إجراء أى تجارب لعلاج چينى فى المستقبل على نطاق الدولة كلها .

وفى أثناء كتابتى لهذا أصبحت تجارب العلاج الچينى مرة أخرى تتزايد نشاطا فى المعامل التجارية والجامعية فى أنحاء العالم . وبالنسبة إلى فرنش أندرسون مدير العلاج الچينى فى مدرسة طب كيك بجامعة جنوب كاليفورنيا وأول عالم يقود تجربة علاج چينى فى ١٩٩٠ ، فإنه يقول: "سيؤدى العلاج الچينى والطب المؤسس على الچينات إلى إحداث ثورة فى الطب عبر مايلى من عشرة إلى عشرين عاما". ويقول أندرسون فى مقال فى صحيفة "واشنطون بوست" يذكر فيه تفاصيل الخلاف: إن السؤال لم يعد عما "إذا" كان العلاج الچينى سيصبح واقعا ، بل "السؤال الكبير هو متى يحدث ذلك"؟ .[١]

كيف يعمل العلاج الچينى

ولكن قبل أن نذهب إلى "متى" هيا نناقش كيف ولماذا؟ فهذا علاج لا يفهمه جيدا من ليسوا من العلماء . وهو مثل رئيسى لإحدى تلك التكنولوچيات التى تبدو كأنها قد تحققت فجأة لاغير كعناوين رئيسية معروضة لوعى الجماهير .

إن العلاج الچينى تكنيك تجريبى يتيح للأطباء علاج أحد الأمراض بإيلاج چينات جديدة فى خلايا المريض . وهناك طرائق تناول عديدة ممكنة . فقد يختار الأطباء إحلال چين طافر بوضع نسخة سليمة صحيا ، كما فى حالة أشانتى دى سيلفا . وقد يختاروا تعطيل أو إيقاف نشاط چين طافر لايعمل بطريقة صحيحة . أو أنهم قد يختاروا إضافة چين جديد تماما ليساعد جسم المريض على أن يحارب المرض بدلا من إحلال أو تعطيل چين موجود .

ودعنا نتذكر أن دنا عندنا يتخذ موقعه فوق الكروموسومات داخل نواة كل خلية فينا . فتنفصل كل خلية عن الخلايا الأخرى بالغشاء الخلوى الخاص بها . ودعنا نتذكر أيضا أن كل خلية من خلايانا تحوى نسخة كاملة من كل دنا الموجود فى الچينوم الخاص بنا ، أما أى الچينات بالضبط هى التى يتم التعبير عنها (أو تشغيلها) فى داخل كل خلية؟ فهذا أمر يعتمد على ما يكونه بالضبط نوع تلك الخلية؛ بمعنى أن الچينات التى يتم التعبير عنها فى خلية مخ ستكون الچينات التى لها علاقة بالنشاط الذى تحتاجه هذه الخلية لتكون خلية مخ ، ويكون هذا مختلفا عن الچينات التى يتم التعبير عنها فى خلية للمعدة أو خلية للجلد .

سيؤدى العلاج الچينى والطب المؤسس على الچينات إلى إحداث ثورة فى الطب عبر ما يلى من عشرة إلى عشرين عاما .
والسؤال الكبير هو ومتى يحدث ذلك؟

رائد العلاج الچينى فرنش أندرسون ، ٢٠٠١

وعندما نفهم ذلك ، نستطيع أن ندرك بسهولة بعض المشكلات الرئيسية التى تواجه العلماء الذين يأملون التوصل إلى ممارسة العلاج الچينى، فالمشكلات التى نلقاها بوجه رئيسى هى فى طريقة توصيل چين جديد لداخل الخلية ، والطريقة التى نتأكد بها من أننا نصيب الخلية المناسبة .

عندما نعود إلى الوراء إلى أواخر ستينيات القرن العشرين ، فسنجد أن العلماء قد أدركوا أن تكوين امتدادات من الچينات فى المعمل سيكون أمرا ممكنا . ففى ١٩٦٧ كتب العالم مارشال نيرنبرج الحائز على جائزة نوبل عن إمكانية برمجة الخلايا بواسطة رسائل يصنعها الإنسان ، وناقش ما يمكن أن ينتج عن ذلك من آمال موعودة ومخاطر [٢] .

إلا أن العلماء أدركوا أيضًا صعوبة إدخال دنا من خلال غشاء الخلية ودمجه بالفعل داخل إحدى الخلايا . وعندما نحقن لاغير دنا الخام لداخل الخلايا فإن هذا لاينجح نجاحا جيدا كما ينبغي . فوجد العلماء أنهم يحتاجون لطريقة يدخلون بها فعلا دنا داخل الخلية قبل أن يدمره أو يرفضه الجهاز المناعى للجسم .

وهنا يأتى دور الفيروسات المتواضعة . فالفيروس هو أبسط كائن حى موجود وهو إلى حد كبير مادة وراثية لاغير ملفوفة بغطاء من البروتين . كما أن الفيروس لا يستطيع أن يعيش معتمدا على نفسه – فهو يبقى حيا ويتكاثر بطريقة طفيلية ليهاجم خلايا حية ويحقن مادته الوراثية داخل هذه الخلايا . وهذا يجعل من الفيروس أداة لميكانزم مثالى لإدخال الچينات داخل إحدى الخلايا . ولكى نجعل الفيروسات تسلك وكأنها ما نسميه وسيلة نقل (فلنفكر فيه على أنه "سيارة نقل للچين") تحمل الچينات الجديدة لداخل إحدى الخلايا ، فقد يلجأ أحد العلماء لنزع الجزء الضار المُعدى من دنا خارج الفيروس ويضيف له قطاع الچين المطلوب . فثمة حقيقة تساعد العلماء على استهداف الخلايا المطلوبة وحدها ، وهى أن الكثير من الفيروسات تختص بخلايا معينة (وكمثل فإن فيروسا معينا قد يُعدِى فقط خلايا القلب أو خلايا الرئة) . ويستخدم العلماء نمطيا فيروسا يعد نسبيا غير ضار هو الفيروس الغددى ، أو فيروس البرد، وذلك ليعمل لهم كأداة النقل ، إلا أن الطرائق تتنوع . وأخذ بعض العلماء يتوجهون للفيروسات الارتجاعية ، وهى نوع من الفيروسات لديها فى قلبها الحامض النووى رنا (RNA) بدلا من دنا .

> وصلنا لتكوين فئران مهندسة وراثيا بأن أضفنا چينات إلى أجنة الفأر، وبالتالى فنحن نعرف أن هذا التكنيك هو فى النهاية قابل للتطبيق عمليا ، وإن كان من الواضح أن علينا التغلب على الكثير من قضايا الأمان . وعلينا إذن أن نواجه التوقع بأنه عند بعض نقطة ما سيحدث أن بعض شخص ما فى بعض مكان ما – ربما

خلال عشرين سنة – سيعبر الحد الفاصل ويصل إلى تكوين جنين بشرى قد هُندس وراثيا وسوف ينمو إلى إنسان حى .

عالم الأخلاق لى سيلفر ، ٢٠٠٣

إن إحدى الطرائق الأخرى لإدخال دنا فى الخلية هى ما تسمى بطريقة الليبوسوم أو الجسيم الدهنى . وهى تتضمن تغليف الچينات الجديدة داخل فقاعة دهنية . ولقد وجد العلماء فى بعض الدراسات أن الچينات المغلفة بالدهن تنوب إلى داخل الخلايا (الخلايا محاطة بدورها بغشاء دهنى) بالطريقة نفسها التى تتداخل بها فقاعتان لتصبحا فقاعة واحدة . ربما لا تنجح هذه الطريقة مع معظم الخلايا ، وإن كان العلماء قد شاهدوا نجاحا محدودا لها فى خلايا المخ المصابة بمرض باركنسون وخلايا الجلد عندما حاولوا علاج بعض أنواع الصلع.[٣]

وبمجرد أن يتم تجهيز وسيلة النقل ، أو سيارة نقل الچين التى ستحمل هذا الچين، سيقوم الأطباء عادة بحقنها باستخدام إبرة تولج داخل النسيج المستهدف من الجسم ، بحيث يحدث فى الأوضاع المثلى أن تأخذه الخلايا المناسبة . وربما يقوم الأطباء بدلا من ذلك بنزع خلايا من جسد المريض ويخلطونها أولا بوسيلة النقل ، ثم يعيدون إدخالها فى المريض .

الآن وقد فهمنا كيف يَعمل العلاج الچينى ، دعنا نتحدث عن بعض أوجه النجاح والفشل الخاصة حتى نستوعب متى قد يكون هذا العلاج علاجا طبيا ملائما للأفراد الذين يحتاجونه .

الحافة الدرامية

ولكى يعالج فرنش أندرسون وزملاؤه فى "معاهد الصحة القومية" الصغيرة أشانتى دى سيلفا ، استخدموا فيروسا غدديا (فيروس برد معدل) ليحمل نسخة

جديدة من چينها الطافر للداخل من خلايا دمها البيضاء . ولما كانت الخلايا البيضاء لا تعيش زمنا طويلا فقد كان على أشانتى بعدها أن تعاود العلاج كل عدة سنين . ولكنها فيما عدا ذلك تعيش حياة طبيعية الآن كفتاة فى العشرينيات . وأما لو كانت بدون هذا العلاج ، فإن الاحتمال الأرجح أنها كانت ستعيش الآن داخل فقاعة مغلقة تشبه كثيرا مريض المتلازمة الشديدة المشتركة لنقص المناعة (سكيدن) الذى ألف على أساس حالته فى سبعينيات القرن العشرين الفيلم التليفزيونى "صبى فى فقاعة بلاستيكية".

إلا ان الباحثين ماكادوا يحسون بالارتياح لنجاح هذا العلاج حتى حدث لهم ما لم يكن متوقعا . يعمل د. آلن فيشر فى "مستشفى أطفال نيكر" بباريس، وهناك عالج عشرة أطفال مرضى بمتلازمة "سكيدز" بأن أدخل چينا جديدا فى نخاعهم العظمى . وبدا ظاهرا أن معظمهم قد تم شفاؤهم بالكامل . إلا أنه حدث بعدها أن ظهر فى اثنين من الأطفال شكل نادر من الليوكيميا . ووافق الجميع على أن هذا أكثر من أن يكون مجرد حدث عارض . فتدل كل الاحتمالات على أن الفيروس قد أوصل الچين إلى مكان قريب جدا من چين مسرطن ، أى أحد الچينات التى لها تحكم فى نمو الخلية . وحدث فى هذه العملية تنشيط للچين المسرطن ، وأدى فى الظاهر إلى أن يتواصل النمو بلا تحكم.

كيف أمكن أن يحدث ذلك ؟ ذكر لى بروس سالنجر أستاذ الجراحة فى جامعة ديوك استعارة مجاز مفيدة . فهو يشبه العلاج الچينى بتصحيح غلطة هجاء فى مخطوط. فإذا حدث لاغير أن أدخلنا على المخطوط نسخة صحيحة الهجاء للكلمة التى اسئ هجاؤها وكان هذا الإدخال عشوائيا ، فسنجد أن الكلمة لن تعطى دائما معنى معقولا . بل إنها يمكن أن تبلبل المعنى فى جملة أخرى.[٤]

طريق ملىء بالصخور

ظل العلاج الجينى دائما يثير أعصاب أفراد كثيرين . فعندما عرف العلماء لأول مرة طريقة استنساخ دنا فى أوائل سبعينيات القرن العشرين ، كان رد فعل الجمهور عدائيا . بل إن المعارضين تمكنوا من إيقاف تجارب دنا المولّف(*) فى هارفارد وفى معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا لعدة شهور . وكان مصدر الخوف هو إنه قد تفلت هاربة خلية بكتريا مهندسة وراثيا . وقل خوف الجمهور نوعا بعد أن شاركت فى الأمر المعاهد القومية للصحة ، وشكلت فى ١٩٧٤ "اللجنة الاستشارية لدنا المولّف" (ومخصورة اسمها بالإنجليزية هى RAC"راك" التى يشار لها باللغة الدارجة بأنها "the Rack = الرف") وهذه اللجنة هى الرقيب الحارس بالنسبة لهذه القضايا عن الأمان . وتقوم المعاهد القومية للصحة (من خلال "راك") هى ومعها إدارة الغذاء والدواء بمهمة الموافقة على كل دراسات العلاج الجينى . وبالإضافة، يتطلب الأمر أن توثّق الجامعات إجراءات أمان تجاربها مع لجنة "مراجعة المؤسسات" التى تعمل فى منطقتها .

إن كل أنواع إجراءات الأمان فى العالم لن تفيد لو أن الباحثين اختاروا ألا يلتزموا بها . وهناك حالة تبين ذلك : فيعمل مارتن كلاين اختصاصيا فى أمراض الدم فى جامعة كاليفورنيا بلوس أنجلوس (أوكلا) وقد سافر إلى إيطاليا وإسرائيل لإجراء تجاربه على دنا المولّف التى تتضمن أوجه علاج للنخاع العظمى للمرضى بعلل الدم الوراثية . ولم يكن كلاين قد اتصل قط بلجنة مراجعة المؤسسات لأوكلا لإجازة تجريبته . وعندما تسربت هذه الحقيقة فى مقال فى صحيفة "لوس أنجلوس تايمز" فى أكتوبر ١٩٨٠ ، أخذت الرؤوس تتدحرج . وأجبر الرسميون فى "أوكلا" كلاين على

(*) دنا المولّف هو دنا الذى أولج فيه جين من خارجه عن طريق الهندسة الوراثية . (المترجم)

الاستقالة من منصبه كرئيس قسم، وفقد ما كان لديه من منح ، وعندما كان يتقدم بعدها فى أى وقت للحصول على منحة ، كان يُرفق بذلك تقرير عن أنشطته من ١٩٧٩ حتى ١٩٨٠ . وكانت الشكوى الأساسية ضد كلاين هى حقيقة أنه لم يذهب إلى لجنة المراجعة ، وبدلا من ذلك ، واصل البحث كمارق على الجماعة.(٥) وأدت أنشطة كلاين إلى إعادة احياء قلق الجمهور حول العلماء الذين يحاولون "القيام بدور الرب". وأدى نشاط بعض جماعات تتضمن المؤتمر الكاثوليكى للولايات المتحدة ، ومجلس المعابد اليهودية بأمريكا ، والمجلس القومي للكنائس ، إلى أنهم توصلوا إلى أن تشارك فى الأمر لجنة رئاسية . وأصدرت هذه اللجنة بدورها تقريرا لتنفيذ مشروع سمى تقرير "تغيير تركيب الحياة " وذلك فى ١٩٨٢ . وحاجت اللجنة مؤيدة لاستمرار أبحاث دنا المولّف ، قائلة: إن العلماء لديهم القدرة على أن يميزوا بين ما هو مقبول وغير مقبول من أبحاث العلاج الجينى . كما حاجّت اللجنة بأن لجنة "راك" للمعاهد القومية للصحة قد أضافت اعتبارات أخلاقية واجتماعية أكيدة إلى قائمتها الطويلة من أوجه القلق بشأن العلاج الجينى . وفى ١٩٨٤ كونت "راك" "اللجنة الفرعية للعلاج الجينى البشرى" لتقوم بالمراجعة الابتدائية لتجارب العلاج الجينى ، فتدرسها من حيث المنظور العلمى ، والاجتماعى ، والأخلاقى .

وفى ١٩٩٠ وافقت الحكومة من خلال هذه اللجنة الفرعية على تجارب فرنش اندرسون ومايكل بليز للعلاج الجينى للأطفال الذين يعانون من متلازمة "سكيدز" . وكانت أشانتى دى سيلفا أول شخص يتلقى العلاج الجينى الذى وافقت عليه إدارة الغذاء والدواء ، واستفادت فائدة مباشرة من هذا القرار .

وفى ١٩٩٩ مات جيس جلسنجر ، وهو فتى فى العشرينيات ، من تجربة العلاج الجينى الذى تلقاه فى جامعة بنسلفانيا ، الأمر الذى أدى إلى إعادة إحياء تدقيق الجمهور بهذا الشأن . وعقد مجلس الشيوخ الأمريكى فى ٢٠٠٠ جلسة استماع ، وأثيرت فيها أسئلة خطيرة حول فعالية الإشراف الحكومى .(٦)

سوف ينجح العلاج الچينى بمرور الوقت . كما إنه من المهم أن ينجح بالفعل ، لأنه ما من مجال آخر فى الطب فيه ما يعد كثيرا هكذا بتوفير أوجه علاج للكثير من الأمراض المهلكة التى تصيب البشرية الآن بالدمار .

فرنش أندرسون ، رائد العلاج الچينى

إن تونى بلاو أستاذ للطب فى جامعة واشنطن . فبعد أن تم اكتشاف حالتى الليوكيميا فى الطفلين الفرنسيين قال بلاو فى حديث لصحيفة " سياتل بوست . إنتليجنسر": "كان هذا حدثا غير مرجح لأقصى حد . ولكنه أيضًا فيه دروس على نحو استثنائى" . فيحاول الباحثون الآن استنتاج السبب فى أن الچين المولج اختار أن يندمج فى هذا الموقع من بين كل المواقع التى كان يمكنه أن يندمج فيها فى كل الچينوم الذى يبلغ طوله ٣,١ بليون من أزواج القواعد . و"هذه هى الطريقة التى تعلِمنا بها الطبيعة".[٧]

وفى ٢٠٠٤ اكتشف الباحثون فى " معهد ماريلاند القومى للسرطان " شيئا ربما كان فيه الحل للقضية . فعندما يحدث أن يتحد معا چين من فيروس البرد الذى عولج به الأطفال الفرنسيون مع چين له دور فى متلازمة سكيدز، فيؤدى ذلك إلى أن يسبب الليوكيميا .

العقبة الآن هى أن يُختزل كل هذا العلم إلى منتجات تجارية .

چيل براون الرأسمالى الاستثمارى، كما استشهد به دافيد شوك فى مقال العلاج الچينى وتحسينه فى صحيفة بيزنس ويك، ٢٨ يونيو ، ٢٠٠١

ويقول الباحث المرموق أوتبال ديف: إن أبحاثه على الفئران تبين أن الليوكيميا التى عانى منها مريضا "سكيدز" كانت من نوع نادر ، وأن من المرجح أن الأشكال الأخرى من العلاج الچينى لن تحمل النوع نفسه من الخطر .[٨]

ويقول فيل نوجوتشي عضو إدارة الغذاء والدواء: إنه ربما يكون الأمر هكذا ، ولكن المشرفين الفيدراليين مازالوا يخططون للإبقاء على عيونهم مفتوحة على العلاج الجيني . وأوقفت الإدارة سبعا وعشرين تجربة للعلاج الجيني بعد أن ظهرت للضوء حالتا الليوكيميا الفرنسيتان ، إلا أن بعضها قد استأنف العمل ثانية على أنها كلها يجب أن تكون وفق خطوط الإرشادات الحكومية الصارمة للتبليغ.(٩)

عندما يكون العلاج الچيني مميتا

وعندما وقعت في ١٩٩٩ التراجيديا التي دارت حول العلاج الچيني المميت للفتى چيس چلسنجر وهو في العشرينيات من عمره ، كان في ذلك ما يكفي لأن يوقف تقريبا مسار الثورة البازغة للعلاج الچيني . فقد كان چلسنجر يعاني طول حياته من شكل نادر من مرض للكبد . ويسمى هذا المرض نقص إنزيم ترانسكاربامِيليز الأورنيثين ومخصورة كلماته الإنجليزية هي "OTC = أو تي سي" ، ونقص هذا الإنزيم يجعل الكبد عاجزة عن أن يحلل بكفاءة مادة النشادر الكيميائية . وكان چلسنجر يتبع نظاما للتغذية خفضت فيه البروتينات ونظاما طبيا يتناول فيه اثنين وثلاثين حبة يوميا ، وأمكنه بفضل هذين النظامين أن يعيش حياة طبيعية وصحية إلى حد كبير ، ثم دخل كمتطوع في دراسة للعلاج الچيني بجامعة بنسلفانيا . وكان يعرف أن هذا العلاج لن يفيده فائدة مباشرة . فقد صُمم لاختبار أمان إحدى وسائل علاج المواليد الجدد الذين يعانون من علته .

وراجع والده بول چلسنجر برنامج الدراسة وشجع ابنه على الإسهام فيها . وتحدث إلى جمهور شبكة تليفزيون "بي بي إس" قائلا: إنه لم يكن لديه هو أو ابنه أي هواجس قلق حول الدراسة . و"كان چيس يعيش باستخدام أدويته حياة جيدة على نحو استثنائي ، ولم يكن هناك أي شئ يمنعه من أن يحيا حياة مليئة سعيدة كما ينبغي .

وكان يعتقد بعد مناقشاته مع ممثلى جامعة بنسلفانيا ، إن أسوأ ما يمكن أن يحدث له فى التجربة هو أنه سيصاب بأعراض مشابهة للأنفلونزا لمدة أسبوع . وكان متحمسا لأن يبذل عونه".[١٠] حُقن چلسنجر ، مثله مثل المرضى الآخرين الستة عشر فى التجربة ، بفيروس غددى يحمل نسخة من چين "أو تى سى" ليحل مكان الچين الذى لا يقوم بوظيفته فى خلايا كبده . فأُوصل المزيج مباشرة فى داخل الشريان الكبدى المؤدى إلى كبده .

ويقول بول چلسنجر: "بعد أقل من أربع وعشرين ساعة من حقن چيس بالفيروس الناقل بكمية لم يتعاطاها من قبل إلا شخص واحد فقط ، تفاعل جسد چيس كله تفاعلا عكسيا . وراح چيس فى غيبوبة قبل أن أستطيع الوصول إلى فيلادلفيا لأراه، ومات بعد يومين من وصولى ، كنتيجة مباشرة لتجربة ذلك العلاج الچينى".[١١]

> يجب أن يفهم الناس أن هذا فى الحقيقة أمر لم يتم قط إجراؤه من قبل. ويستخدم العلاج الچينى أنواعا عديدة من البروتوكولات تختلف عما يتعاطاه المرء من الأدوية بالطريقة الطبيعية . وسبب ذلك إنه فى حالة العلاج الچينى تكون خلايا الجسد(هى) التى تصنع المركب العلاجى النهائى .

چون. ماناهان، المدير التنفيذى لشركة آفيچين، فى مقال العلاج الچينى وتحسينه، فى صحيفة بيزنيس ويك ٢٨ يونيو ٢٠٠١ .

وحتى يومنا هذا لا يوجد من هو متأكد بالضبط من سبب تفاعل جسد چلسنجر بمثل ما فعل . إلا أن من الواضح أن جهازه المناعى انطلق فى الهجوم بِغل ضد الفيروس أداة النقل ، بما سبب سلسلة أحداث مميتة ، وبدأت بفشل الكبد والغيبوبة الأمر الذى أدى فى النهاية إلى موته .

وتلى ذلك أن أجرت إدارة الغذاء والدواء تحقيقا ظهرت فيه عناصر عديدة فى الضوء أحدها: إن مستوى النشادر عند چلسنجر كان أعلى بكثير من أن يجعله مؤهلا لهذه الدراسة فى المقام الأول . وكذلك فإن الباحثين فى الجامعة قد أهملوا فى الكشف عن بعض المعلومات المفتاح - وهى تحديداً أن هناك مريضين قد خبرا تأثيرات جانبية شديدة فى تجربة سابقة ، وأن قرودا قد ماتت أثناء تجارب الحيوانات التى أجرتها الجامعة بهذه الطريقة .(١٢)

فيقول بول فيشر المدير التنفيذى لشركة العلاج الچينى "چين فيك": "مع كل ما فى حدث (چلسنجر) من مأساوية ، أعتقد أنه قد ساعد الناس على فهم الطريقة التى يتحركون بها إلى اللأمام فى المستقبل بأمان وحرص . فلقد جعلت الناس يتفحصون قضية الأمان تفحصا مضاعفا" .(١٣)

العلاج الچينى فى المعامل

يلقى الباحثون الآن فى أرجاء العالم نظرة مجددة على تجارب العلاج الچينى. فيوجد فى الولايات المتحدة وحدها مالا يقل عن عشر شركات تنطلق قدما بأقصى جهد. ويقول أندرسون: "يبدو بالفعل أننا قد حولنا اتجاهنا ، وهناك عدد من التجارب الإكلنيكية قد بدأت تظهر نجاحا".(١٤)

> علينا أن نتمسك بالأمر . فسيكون من السهل أن نقول: إن هذا أصعب مما ينبغى. ولكن هذه رحلة أوديسا فيها من الإثارة ما ينبغى ألا يفوتنا .

بارى كارتر، كبير الباحثين العلميين فى الوراثيات المستهدفة، كما استشهدت به كارول سميث فى مقال سياتل موطن طليعة أبحاث العلاج الچينى فى صحيفة سياتل بوست - إنتلجنسر، ٢٨ فبراير، ٢٠٠٢ .

أجريت إحدى هذه التجارب فى شركة "چين فيك" . ولهذه الشركة التى تتخذ مقرها فى چيترزبرج بولاية مارى لاند ، منتج اسمه "بايوبايباس = Bio Bypass" (التحويلة البيولوچية) ، وهدفه هو مرض الشرايين التاجية (مشت) ومرض الأوعية الطرفية (ماط) ، وهذه حالات ناتجة عن انسداد الشرايين الذى يبطئ سريان الدم إلى القلب والساقين . وتصيب حالات "مشت" و "ماط" ملايين الأمريكيين . ووصل علاج "بيوبايباس" عند كتابة هذا إلى أواخر المرحلة الثانية من التجارب الإكلينيكية ، بحيث يُحقن المرضى بچينات جديدة . تساعد هذه الچينات الجسم على تنمية أوعية دموية جديدة ، بما يمكن الدم من أن يتحول لمسار جانبى يدور تماما من حول الشرايين المسدودة .

وهناك مشروع آخر مثير للاهتمام يجرى فى جامعة (أوكلا) . فينفذ الباحثون هناك بقيادة وليام باردريدچ أبحاثا على القرود تتعلق بعلاج چينى واعد بامكانات لعلاج مرض باركنسون العصبى . وظل توصيل الچينات إلى المخ أمرا يكاد يكون مستحيلا نتيجة لأن الفيروسات الناقلة تعد فيزيقيا من الكبر بحيث لا تمر من خلال غشاء المخ .

ويقول باردريدچ : "هذه مشكلة كبيرة فى تكوين الأدوية ، لأن ٩٨ فى المائة من الأدوية المتاحة للحقن فى الأوردة هى ومائة فى المائة من أدوية التعاطى بالفم ، لا يمكنها أن تنتقل من الدم إلى المخ.[١٥]

والحل عنده هو : تكوين "حصان طروادة جزيئى " يغلف الچينات الجديدة بالدهن، ثم يغلّف ذلك بمادة كيميائية تسمى بروبيلين الچليكول تحفظ الچينات المغلّفة من أن يمتصها الكبد والأنسجة الأخرى . ومن ثم يمكنها أن تتسلل فى التو من الدم لتذهب مباشرة لداخل المخ .

أعلى الشركات الخاصة فى قائمة صنع العلاج الچينى

١ – شركة الوراثيات المستهدفة (Nasdaq:TGEN) : أدوية جزيئية.

٢ – شركة علاجيات إنتروچين (Nasdaq:INGN) : العلاج الچينى للسرطان.

٣ – شركة فالنتيس (Nasdaq:VLTS) : علاجيات الجهاز الدورى .

٤ – شركة چين فيك (Nasdaq: GNVC) : أدوية حيوية للسرطان ، ومرض القلب ، وفقدان البصر .

٥ – شركة سيل چينسيس (Nasdaq: CEGE) : فاكسينات للسرطان وعلاجات چينية .

٦ – شركة أفيچين (Nasdaq: AVGN) : علاج چينى للأمراض المزمنة .

٧ – شركة فيكال (Nasdaq: VICL) : علاجات للسرطان .

٨ – دوائيات أونيكس (Nasdaq: ONXX) : علاجات للسرطان.

وصدرت فى ٢٠٠٣ نشرة رسالة إخبارية عنوانها "حلول لمشكلات الأطفال العصبية " كتب فيها إين كورنفورد أستاذ علم الاعصاب فى "أوكلا" فقال وهو يتدفق منفعلا: "هذه الأبحاث تحديداً هى أكبر الأبحاث إبداعا وفيها الوعد باحتمال الوصول إلى أقصى إبدا ع يمكن أن ينجزه أى فرد فى أبحاث الدم – المخ ... ومن الممكن أن ينتج عنها ثورة لها قدرها فى هذا المجال".[١٦]

وهناك تجارب أخرى للعلاج الچينى هى تنويعات بارعة للفكرة نفسها . ويجرى الباحثون فى جامعة نورث كارولينا بقيادة ريزارد كول بحثا جاهدا لعلاج الثالاسيميا، وهى نوع من الأنيميا هو أكثر نوع شائع من الأمراض التى يسببها خلل چين واحد. ويولد بهذا المرض أكثر من ١٠٠٠٠٠ طفل فى كل عام ، وأصولهم تنحدر غالبا من البحر المتوسط أو جنوب شرق آسيا . و(يمكن فى هذه الأيام إجراء اختبار فرز للثالاسيميا لمعظم الأمهات الحوامل عند طلب ذلك). ويتضمن هذا المرض وجود طفرة

أو طفرتين فى الچينات التى تشفر لإنتاج الهيموجلوبين ، وكنتيجة لذلك لا يستطيع من يعانون هذه الحالة أن يقوموا حتى ولو بأبسط جهد .

بدلا من محاولة إحلال الچين المعيوب ، يعمل كول وباحثوه على إصلاح رنا المعيب الذى ينبعث من الخلية . يقول كول: "هذه الطريقة للتناول طريقة مباشرة بدرجة أكبر كثيرا من العلاج الچينى التقليدى" ، ويضيف: إن العلاج الچينى التقليدى أصعب لأن الباحثين ليست لديهم القدرة على التحكم فى نشاط أى چين بعينه .

وهو يقول: "إلا أننا بإصلاح أمر رنا الرسول بدلا من محاولة إحلال الچين المعطوب ، نستخدم بذلك الميكانزمات التنظيمية نفسها التى عند الخلية لإنتاج هيموجلوبين طبيعى بالكميات الصحيحة".[١٧] فتجربة كول فيها أساسا تحايل على الماكينة الجسدية التى تصنع خلايا الدم الحمراء حتى تنتج الهيموجلوبين الطبيعى. يقول الخبراء: إنه حتى إذا حدث تحسن صغير فى إنتاج الهيموجلوبين الطبيعى سيكون فى هذا فارق هائل بالنسبة إلى هؤلاء المرضى.[١٨]

وهناك قائمة طويلة من الانطلاقات الأخرى الواعدة فى تجارب العلاج الچينى. وتجرى بيفرلى دافيدسون وفريقها فى جامعة أيوا أبحاثا للعلاج الچينى لمرض هنتنجتون ، ولا يتم هذا عن طريق إضافة نسخة جديدة من الچين المعيوب ، وإنما عن طريق "إسكات" أحد چينات المريض المسئولة عن المرض . (مرضى كوريا هنتنجتون لديهم طفرة على كروموسوم ٤ ، فيها تكرارات كثيرة جدا للثلاثى "س أ ج" ، الأمر الذى يؤدى للإنتاج المفرط لحمض الچلوتاميك ، وهذا ينتج عنه فى النهاية قتل جزء من المخ) .

ولقد أنجز فريق دافيدسون هذه العملية فى الفئران باستخدام تكنيك طبيعى عند الخلايا تقاوم به العدوى ، يسمى "إعاقة رنا" . وإعاقة رنا تكنيك مثير فى البيولوچيا. ويجرى أساسا بأنه بدلا من أن يحاول الباحثون استبدال چين معين، فإنهم يحاولون

إيقاف مفعول رنا الذى يقرأ الچين حتى يصنع البروتين . فإذا أصبح رنا عاجزا عن قراءة القواعد ليستنبط ما تكونه البروتينات التى سيصنعها ، فإن الچين هكذا يصبح أساسا غير فعال .

وتعمل نانسى ويكسلر فى مدرسة الطب بجامعة كولومبيا ، وهى رئيسة "مؤسسة الأمراض الوراثية " فى نيويورك ، تقول ويكسلر: "عندما سمعت لأول مرة عن هذا البحث ، احتبست له أنفاسى لاغير". [١٩]

> ربما تكون أسهم شركات (العلاج الچينى) قد انخفضت قليلا ، لأن التقدم العلمى لا يتحرك قدما بسرعة بالغة . فمازال هناك حاجة لإجراء كم له قدره من الأبحاث . إلا أن هذا مجال يظل واعدا جدا بالنسبة إلى أبحاث الأمراض .

چورج ويديرا ، كبير العلماء فى شركة چينترونكس ، كما استشهد به دافيد شوك فى مقال العلاج الچينى وتحسينه ، فى صحيفة بيزنس ويك ، ٢٨ يونيو ٢٠٠١

وتفيد بعض التجارب كأداة مهمة للتذكير بأن العلاج الچينى أصعب مما كان متوقعا صعوبة لها قدرها . دعنا ننظر فى أمر مرض الخلية المنجلية ، الذى يعرف أيضا بالأنيميا المنجلية . فهذه علة وراثية مباشرة ومفهومة جيدا . وهى ترجع إلى طفرة فى چين واحد تنتشر بين من ينحدرون من أصل أفريقى وتسبب تكوين هيموجلوبين شاذ (وشكل شاذ كالمنجل) . ويقول فيليب ليبولش ، عالم العلاج الچينى فى معهد ماساتشوستس للتكنولوچيا وفى هارفارد ، والذى اجرى أبحاثا على هذا المرض أكثر من عقد من السنين: "كان كل واحد يعتقد أن هذا سيكون أول مرض وراثى سيشفى بالعلاج الچينى ، وأن هذا سيكون شأنا بسيطا ، إلا أنه ثبت فى النهاية أن الأمر بخلاف ذلك تماما . إنه لتحد حقيقى ".

وعلى أية حال ، لم يحدث إلا فى زمن قريب نوعا أن تمكن ليبولش وفريقه من الإمساك بزمام هذا المرض . فاستخدم هؤلاء الباحثين سيارة نقل للچين أو فيروسا ناقلا استمدوه من فيروس الإيدز ، وأمكنهم بذلك حقن فئران مرض الخلية المنجلية بچين جديد . فكان هذا الچين چينا لإنتاج الهيموجلوبين. وكان أن نجحت التجربة . واستمر شفاء معظم الفئران لأكثر من سنة بعدها .

> يشكل المتشائمون والمتنبئون بسوء المصير جزءا من المشكلة وليس جزءا من حلها . فالتكنولوجيا سواء كانت من النوع الفيزيقى "الصلب" أو من النوع البيولوچى "اللين" ، وهى من إبداع الإنسان وعلامة مميزة له ... فالتحضر هو أن نكون اصطناعيين ، والاعتراض على أن يكون أحد الأمور اصطناعيا هو إدانة تحدث فى أعين من يحبون الطبيعة حبا تحت عقلانى أو فى أعين متصوفى قانون الطبيعة .

عالم الأخلاق سى. چون فلتشر، فى مقال كتبه مع و. فرنش أندرسون عنوانه الخط الجرثومى(*) فى العلاج الچينى : مرحلة جديدة من النزاع، مجلة القانون والطب، والرعاية الصحية، جزء ٢٠ ، ١٩٩٢ ، (ص.) ١-٢

ويلخص فرنش أندرسون رائد العلاج الچينى الأمر كله فى مقال كتبه لمجلة "ساينس" : "وُجه الانتقاد للعلاج الچينى لأنه وعدنا وعودا بأكثر مما ينبغى ولم ينفذ إلا أقل القليل خلال أول عشرة أعوام من وجوده . ولكن العلاج الچينى ، كأى تكنولوجيا أخرى رئيسية وجديدة يحتاج إلى وقت ليتنامى . ونذكر هنا المضادات الحيوية ،

(*) الخط الجرثومى للعلاج الچينى يقصد به علاج چينى من خلال الخلايا الجرثومية أو الجنسية أى البويضة والحيوان المنوى . (المترجم)

والأجسام المضادة وحيدة النسيلة (الأجسام المضادة التى صممها الباحثون بحيث تهاجم نوعا واحدا من الخلايا يكون مثلا خلية ورم) ، وزرع الأعضاء ، وذلك لنذكر مجرد مجالات قليلة فى الطب قد استغرق نضوجها سنوات كثيرة ".

ويكتب أندرسون قائلا: " التكنولوچيا الرئيسية الجديدة فى أى مجال يكون لها أوجه فشلها وإحباطاتها ، كما فى الرحلات الصاروخية التى تحمل الإنسان للقمر . ويحدث دائما أحباط للآمال المبكرة نتيجة ما يلزم من تضايف لخطوات كثيرة لإنتاج (النجاح) . وسوف ينجح العلاج الچينى بمرور الوقت . كما أن من المهم أن ينجح بالفعل، لأنه ما من مجال آخر فى الطب فيه ما يعد كثيرا هكذا بتوفير أوجه علاج للكثير من الأمراض المهلكة التى تصيب البشرية الآن بالدمار ".[٢٠]

عندما يكون للعلاج الچينى معناه المعقول

وتظهر تجارب العلاج الچينى أعظم النجاح عندما تطبق على أمراض ناتجة عن عيوب فى چين وحيد . فوافقت إدارة الغذاء والدواء على تجارب العلاج الچينى فى نقص المناعة المشترك الشديد ، والتليف الكيسى ، ومرض چوشر[*] ، وزيادة كولسترول الدم، وكوريا هنتنجتون . وهناك معامل أخرى تبحث أمر علاج چينى للسيطرة على أنواع من السرطان ، ومرض القلب ، ومرض باركنسون ، والزهايمر.

يقول الخبراء: إن إجراء تجارب على العلاج الچينى أمر معقول كل المعقولية عندما نتعامل مع مرض غير قابل للشفاء ، ويهدد الحياة . ويجرى العلاج فى هذه الحالات ،

(*) مرض جوشر : مرض وراثى نادر يتميز بتراكم نوع معين من الدهون فى الكبد والطحال مع تضخمهما، وتحلل فى العظام . (المترجم)

عندما نعرف أنواع الخلايا التى يصيبها المرض ، ويكون الچين المعيوب قد تم عزله ، ويكون من الممكن إدخال چين جديد بأمان .

ويكتسب الباحثون سريعا بفضل "مشروع الچينوم البشرى" معرفة بالطريقة التى تسهم الچينات بها فى المرض هى والبروتينات المصاحبة. ومن المتوقع عبر السنوات التالية أن تزيد سريعا قائمة تجارب العلاج الچينى .

> ... ربما يكون فى هذا ... ختام للحياة البشرية كما عرفناها نحن وكل البشر غيرنا . ومن الممكن أنه ستكون هناك حياة غير بشرية ستأخذ مكاننا وتكون هى الأرقى، ولكنى أعتقد أن هذا غير مرجح لأقصى درجة ومن المؤكد أنه مما لا يمكن البرهنة عليه .

عالم الأخلاق ليون كاس ، فى مقال الخط الجرثومى للعلاج الچينى : مرحلة جديدة من النزاع، مجلة القانون، والطب، والرعاية الصحية، ١٩٩٢

علاج چينى للأجيال

لقد ظللنا إلى الآن ونحن نتحدث فقط عما يسمى العلاج الچينى الجسدى ، أو العلاج الچينى الذى يطبق على الكروموسومات غير الجنسية للمريض ، أى الكروموسومات الجسدية " الأوتوسومات" . فهدفنا فى العلاج الچينى الجسدى هو أن نشفى المريض بإحلال الچينات المعيوبة أو تعطيلها ، وهكذا فإننا لا نحدث تحسينا يدوم فى التركيب الوراثى الذى يمرره الأفراد إلى أطفالهم عن طريق الخلايا الجنسية ، أى حيواناتهم المنوية وبويضاتهم .

ومعالجة أمر الچينات التى فى الخلايا الجنسية - أو ما يسمى العلاج الچينى بالخط الجرثومى؛ هو من غير أى شك أمر خلافى بدرجة أكبر . ومن السهل أن ندرك سبب ذلك فهذا علاج يحدث أساسا تعديلا فى الجنس البشرى - أو بأية حال فى أحد خطوط الأنسال . على الرغم من أن حكومة الولايات المتحدة تحظر حاليا تمويل الخط الجرثومى للعلاج الچينى ، فإن من السهل أن نعدد ما له من فوائد . وأول شىء أنه قد يكون الطريقة الوحيدة الفعالة فى معالجة بعض الأمراض الوراثية . ولما كان هذا العلاج يعدل بالفعل من الخلايا التى تمرر دنا فى أثناء التكاثر ، فإن احتمال معاناة أجيال المستقبل من مرض وراثى بعينه أمر يتم التخلص منه واقعيا .

> لا يستطيع المرء أن يرى أى شىء فى العلاج الچينى يكون فيه جبليا ما يوجب منعه أو يكون فيه شر ، سواء كان العلاج الچينى جسديا أو بالخط الجرثومى . وتتفتح هكذا أمام البشرية إمكانات قدرة لا نهاية لها. فليست المشكلة الأخلاقية هى اكتساب هذه القدرة ، وإنما هى فى استخدامها بحكمة .

جريجورياس، الأسقف اليونانى لمدينة دلهى

والحجج التى تُذكر ضد العلاج الچينى بالخط الجرثومى حجج تفرض نفسها بقوة. وهناك بالطبع الجدل المألوف حول المنحدر الزلق : فلو أخذنا فى معالجة المرض على مستوى الخط الجرثومى ، فأين سنتوقف ؟ هل هناك منطقة رمادية حيث يعالج "أحد العيوب" على إنه "مرض" ؟ فمصدر الخوف هو أنه عند نقطة معينة ، يمكن أن يؤدى العلاج الچينى إلى فتح بوابات لفيض من التجارب لتعديل الناس وراثيا طلبا لصفات لا علاقة لها مطلقا بالمرض . فهل ينبغى التخلص من الأفراد الصم مثلا أو الأفراد الذين لديهم زوائد شعر تشوه الجبهة ؟!

ويقول ستيف جونز عالم الوراثة: "أعتقد أننا ينبغى أن نكون حريصين جدا بهذا الصدد. فلقد بدأ علم التشريح فى القرن السادس عشر ، إلا أنه استغرق ٤٠٠ سنة أخرى لتنفيذ أول عمليات زرع الأعضاء . وقد بدأنا الآن فى التو فى عزل الچينات . فينبغى ألا نتوقع أن نتمكن من زرعها ما بين ليلة وضحاها . وعلى أية حال إذا كان بيننا من يريد حقا هندسة ذكاء طفله ، فعليه أن يتمسك بالأساليب القديمة . فليرسله إلى (كلية) إيتون(*). وإذا كانت الحكومات تريد تحسين ذكاء الأمة ، فإن أفضل طريقة لإنفاق المال فى ذلك هى أن تضاعف رواتب المدرسين ".[٢١]

العلاج الچينى والإشعاع : توليفة واعدة

سيحدث أن يتوفى تقريبا ٣٠٠٠٠ رجل هذا العام من سرطان البروستاتا، وهو السبب الرئيسى لوفاة الرجال بعد سرطان الرئة ، بحسب ما ذكرته "جمعية السرطان الأمريكية " . على أن هناك علاجا جديدا يولِف بين تكنيكات العلاج الچينى هى والإشعاع ويطرح بعض الأمل . فيقول سفند فريتاج المصمم القائد لدراسة فى "المنظومة الصحية لهنرى فورد" بدترويت: "فيما نعتقد يستطيع العلاجى الچينى أن يزيد من فعالية وسائل العلاج التقليدية للسرطان مثل العلاج بالإشعاع" .[٢٢]

ويتضمن هذا التناول الجديد أساسا حقن الفيروس الغددى (فيروس البرد) ليعمل كسيارة نقل للچين (الفيروس الناقل) حاملا چينات جديدة لداخل البروستاتا. وينتشر الفيروس فى خلايا الورم ويُعديها ومن الظاهر أنه يضعفها ، بالإضافة إلى أنه يحمل الچينات إلى مجموعة أوسع من الخلايا البروستاتية . ثم يقذف الباحثون خلايا الورم بقذائف الإشعاع.

(*) كلية إيتون ، مدرسة ثانوية عريقة للطبقة الراقية فى إنجلترا . (المترجم)

وفيما يبدو ، فإن هذه التوليفة فعالة . ولقد عالج الباحثون في هذه الدراسة خمسة عشر رجلا لديهم أشكال متقدمة من سرطان البروستاتا . وقد أظهروا كلهم تقريبا في التو انخفاضا في مستويات بروتين الأنتيجن الخاص بالبروستاتا (ومخصورته الإنجليزية "PSA = بي إس إيه") ، وهذا البروتين دالة شائعة لسرطان البروستاتا . وبعدها بسنة كان عشرة من هؤلاء الرجال خالين تماما من السرطان .

وينوي الباحثون أن يوسعوا في التو من هذه التجارب . فلقد تلقى فريتاج في ٢٠٠٤ منحة نقدية قدرها تسعة ملايين من الدولارات ليحول أبحاثه إلى نشاط تجاري.

> عندما نريد أن نصبح أكبر مما نحن عليه ، وعندما نتصرف
> أحيانا وكأننا بالفعل كائنات فوق بشرية أو شبه آلهة ، فإننا بذلك
> نخاطر بأن نزدري ما نحن عليه وأن نهمل ما نحوزه .

ما وراء العلاج : البيوتكنولوجيا ومتابعة السعادة، تقرير للمجلس الاستشاري للرئيس عن أخلاقيات البيولوجيا، أكتوبر ٢٠٠٣ .

وهناك أيضا اعتبارات عملية . فإذا كنا سنعدل الخط الجرثومي للأجيال، سيكون مما يلزم علينا بالنسبة إلى المرضى وسلالتهم أن نتابع حالاتهم على نحو مستمر. وذلك أن تأثيرات هذا العلاج على المدى الطويل هي على أية حال غير معروفة . كذلك ، ما هي الطريقة التي سنحدد بها الثمن لهذا الإجراء ؟ فالعلاج الچيني غالي التكلفة ومن الأرجح أنه سيظل كذلك. فهل هناك نية متعمدة لخلق طبقة دونية وراثيا لا تستطيع سلالتها تحمل تكلفة هذا التكنيك ؟

وماذا عن حقوق الجنين ، إن كان له أية حقوق ؟ فمن الواضح أن الجنين لا يمكنه أن يوافق على إجراء يغير من صميم تركيبه الوراثي . فيما يعرض ، فإن هذه الحجة نفسها تنطبق على العلاج الچيني الجسدي الأكثر تقليدية ، والذي كثيرا ما يتم إجراؤه

على الوليدين . فهل نوافق على إجراء چينى لمريض ، حتى وإن كان المريض أصغر من أن يفهم الطريقة التى يعالج بها ؟

> لا يمكن إنكار أن العلاج الچينى ظل يتقدم ببطء فى مرحلته المبكرة. إلا أن تقدمه سيتسارع . وهناك آمال جد كثيرة تراهن عليه ، ورأسمال استثمارى جد كثير قد استقر فيه ، وهما أكثر مما يسمح بفشله . فبمجرد أن يرسخ العلاج الچينى كتكنولوچيا عملية ، فإنه ستصبح له عندها قوة تجارية رهيبة .

البيولوجى إدوارد و. ويلسون فى كتاب التوافق (نيويورك : كنويف، ١٩٩٨) ، ص. ٣٠١

إن القضايا المحيطة بالعلاج الچينى سوف تصبح ساخنة فقط عندما نتحرك تجاه المستقبل . ويقول لى سيلفر عالم الأخلاق فى جامعة برينستون: "وصلنا لتكوين فئران مهندسة وراثيا بأن أضفنا چينات لأجنة الفأر ، وبالتالى فنحن نعرف أن هذا التكنيك هو فى النهاية قابل عمليا للتطبيق ، وإن كان من الواضح أنه علينا التغلب على الكثير من قضايا الأمان . فعلينا إذن أن نواجه التوقع بأنه عند بعض نقطة ما ، سيحدث أن بعض شخص ما ، فى بعض مكان ما – ربما خلال عشرين سنة – سيعبر الحد الفاصل ويصل إلى تكوين جنين بشرى قد هُندس وراثيا سوف ينمو إلى إنسان حى".(٢٣)

ولدى جيمس واطسون ، العالم المشارك فى اكتشاف اللولب المزدوج ، رأى مختلف تماما عن تطبيق العلاج الچينى على الخلايا الجنسية: "أنا فى صف أن ننطلق قدما فى ذلك ، وإن كان معظم زملائى من العلماء يقولون إنهم ضده . فأعتقد أنهم لن يؤدوا إنذار الجماهير باحتمال مخاطر لن تحدث أبدا . ومن الجانب الآخر ، فإننا عندما نضيف الچينات الملائمة ، فإننا نستطيع بالفعل تحسين ذاكرة الفئران . ولماذا

لا نفعل الشيء نفسه مع البشر ؟ أجد بالنسبة إليّ أنه من البديهي عند الكل أن نتخذ الخطوات التي قد تعطي لذريتنا القادمة أمخاخا أكثر فاعلية . ولست أدرك من هم الذين نسيئ لهم حقا عندما نحاول تعزيز قدراتنا الخاصة بنا . وبالنسبة إليّ أجد أنه مما يتنافى مع الطبيعة البشرية أن يكون مما ينبغي على الناس ألا يحاولوا تحسين حياة أطفالهم هم ومن سيأتون بعدهم ".(٢٤)

ما لدينا من حقائق

الحقيقة (١) : مازال العلاج الچيني تجريبيا . ويجري الباحثون مئات من التجارب الإكلنكية في أرجاء العالم كله لتحديد كيف يمكن الإفادة منها في شفاء السرطان وغيره من الأمراض المعقدة .

الحقيقة (٢) : يحاول الأطباء في العلاج الچيني عموما إحلال الچينات المفقودة أو التي أصابها تغير بوضع چينات سليمة صحيا مكانها . فبدلا من أن يحصل المريض على دواء فإنه يحصل على چين جديد يغير التركيب الوراثي لخليته . نظريا ، وسيكون هذا فعالا بوجه خاص في الأمراض التي تتضمن طفرات على چين واحد لاغير، مثل الهيموفيليا (الناعور)(*) والتليف الكيسي .

الحقيقة (٣) : أحد الاستعمالات الواعدة الأخرى للعلاج الچيني هو أن يحسن من طريقة أداء الخلية لوظيفتها، وعلى سبيل المثال قد يضيف الأطباء چينات تحث الجهاز المناعي على مهاجمة خلايا السرطان ،

(*) الهيموفيليا أو الناعور مرض وراثي يسبب نزفا شديدا عند أدنى جرح لأي وعاء دموي .(المترجم)

أو على مقاومة فيروس نقص المناعة البشرية (HIV) أو متلازمة النقص المكتسب للمناعة (الإيدز) .

الحقيقة (٤) : سنجد عموما أنه عندما نُدخل أحد الجينات مباشرة فى إحدى الخلايا فإنه لا يؤدى وظيفته . وبدلا من ذلك فإنه يجب أن يُحمل الجين إلى داخل الخلية باستخدام ميكازم للتوصيل يسمى أداة النقل . فأداة النقل الأكثر شيوعا فى تجارب العلاج الجينى هى الفيروس الذى لديه قدره طبيعية للدخول إلى دنا الخلية . ولحسن الحظ فإن من السهل أيضا إلى حد كبير أن نحدث عجزا فى الفيروسات بحيث لا تكاثر من أنفسها.

الحقيقة (٥) : الفارق بين أحد الفيروسات والفيروس الارتجاعى هو أن الأخير يحوى حامض الريبونيوكليك (RNA = رنا) كمادته الوراثية بدلا من دنا . فالفيروسات الارتجاعية تنتج إنزيما يسمى مقلوب الترانسكريبتير ، بحيث إنها تستطيع أن تحول رناها إلى دنا ، الذى يصبح بعدها جزءا من دنا الخلية العائلة أو المضيفة .

الحقيقة (٦) : ليس من السهل الحصول على موافقة على تجربة للعلاج الجينى . فيجب أولا أن يوافق عليها لجنتان للمراجعة فى المعهد أو الجامعة التى يعمل العلماء فيهما، ومن ثم يحتاج الأمر إلى الحصول على إذن من إدارة الغذاء والدواء التى تنظم شئون كل منتجات العلاج الجينى . وأخيرا فإن أى تجربة يتم تمويلها بالمعاهد القومية للصحة تحتاج لأن يتم تسجيلها فى "اللجنة الاستشارية لدنا المولّف" بهذه المعاهد، التى كثيرا ما تسمى "بالرف" .

الحقيقة (٧) : لماذا يوجد هذا التوتر العصبى بشأن العلاج الچينى بالخط الجرثومى؟ لأنه سوف يغيّر للأبد من التركيب الوراثى لكل واحد فى الشجرة العائلية لهذا المريض بطول انحدار سلالته . ويعنى هذا أنه سيؤثر فى المستودع الچينى البشرى . فيؤدى الخط الجرثومى للعلاج الچينى إلى تعديل كروموسومات إكس و واى . على الرغم من أن هذا العلاج من الوجهة النظرية لن ينفذ إلا لتحسين الچينات - كأن يكون مثلا لإزالة طفرة تسبب مرضا وراثيا - فإن أى غلط أو خطأ فى الحكم ستترتب عليه نتائج طويلة المدى، فالمعاهد القومية للصحة لا توافق حاليا على أية تجارب للعلاج الچينى بالخط الجرثومى .

الحقيقة (٨) : التعزيز الوراثى ما زال الآن فى أغلبه من باب روايات الخيال العلمى، ولكن علماء الأخلاق قلقون من أنه قد يصبح أمرا سهلا، ولا يتاح إلا للأثرياء. والواقع أن هذا سيؤدى فعلا إلى تشكيل طبقة دونية وراثيا ويعيد تعريفنا لما يكونه معنى كلمة " طبيعى" . وكمثل: فإن الأفراد الذين لديهم فحسب ذكاء متوسط سيعتبرون من مستوى أقل من الطبيعى إذا تمكن الأثرياء من هندسة ذريتهم ليكونوا هم الأبرع .

الفصل العاشر

دنا والمجتمع

حاولت حتى الآن أن أعطى للقارئ نظرة واضحة محددة عن الاتجاه الذى تتقدم فيه شتى علوم دنا بطلائعها، وغطينا هكذا أهمية بصمة دنا وكيف أنها تبرئ نزلاء عنبر الإعدام وغيرهم من المدانين . ولخصنا فى نقاط رئيسية الإمكانات الواعدة المتفجرة للاختبارات الچينية لماقبل الولادة وللبالغين، وناهيك عن ذكر اختبارات دنا التى تحل ألغازا يكون عمرها فى بعض الحالات مئات الأعوام . وغطينا ما يحدث فى أكثر المعامل تقدما فى العالم من أبحاث ضد الشيخوخة ، ولعلاجات السرطان ، والعلاج الچينى ، بل وغطينا حتى القضايا الحساسة لتكنولوچيا الخلاية الجذعية واستنساخها .

ولو توقفنا الآن ها هنا سيكون فى ذلك موقف من اللامسئولية، فلا أستطيع أن أحلّق بالقارئ فوق مشهد عام لقضايا دنا بهذا الاتساع ثم أتجنب ما يعتبره الكثيرون أنه السؤال الأساسى – وهو: إلى أين ستقودنا هذه المعرفة الجديدة ؟

وما الذى ستعنيه بالنسبة لحياتنا ، وعائلاتنا ، ومجتمعنا ، ومجتمع أجيال المستقبل؟ أجل؛ نحن أول أشكال الحياة على كوكبنا التى استطاعت أن تتبصر فى وصفة التركيب الخاصة بنا وهكذا أخذنا نتعلم ما الذى صُنعنا منه، ونحن الآن نتحرك بسرعة إلى الخطوة التالية حيث نكتشف ما يعنيه هذا كله ، ومن هذا نصل إلى طريقة التناول لما يعنيه . فسيكون هناك بالطبع نتائج، سلبية وإيجابية وبين بين، ولكن ما هذه النتائج ؟

هل ينبغى أن ينتابنا القلق ؟

لقد أشرت على القارئ عند البداية بأنه سيحتاج إلى فهم أساسيات تكنولوچيا دنا حتى يظل متمشيا مع تغير الظواهر فى كل ما يحيطنا ، وذلك سواء كان يريد فحسب أن يتابع علوم دنا فى الأخبار ، أو كان يأمل بالفعل أن يستثمر مالا فى شركات البيوتكنولوچيا . والآن ، أود أن أضيف إلى ذلك القول بأن القارئ – بصفته

إنسـان وكمـواطن فى العـالم – يُعـد إلى حد كبير مـدينا لسـائرنا بأن يفـهم الأسـئلة ومواضـع الخلاف المحيطة بـعلوم دنا إن كان يرغب حقا أن يكون له صوت فيما سيأتى، فهذه فكرة ثقيلة ، ولكنها حقيقية . ويستطيع القارئ ، إذا كان سيختار ، أن يسهم فى تشكيل التكنولوچيا الآتية ، وبدلا من أن يختار لنفسه أن يسمح لهذه التكنولوچيا بأن تشكله هو عندما تصل إلينا هنا .

لقد عمل هارولد فارموس مديرا للمعاهد القومية للصحة ، وقد لاحظ أن الرسميين المنتخبين – والكثيرون منهم ليس لهم أى دراية بالعلم وقضاياه – يصدرون على نحو متزايد القرارات بشأن ما سيحدث لمعلومات دنا بمجرد تجميعها . وتتناول تلك الأسئلة ما إذا كانت شركات التأمين تستطيع أن تلقى نظرة على معلومات دنا ، وما إذا كانت الشرطة تستطيع أن تطالب بها بالقوة، ثم قائمة طويلة لا حصر لها من قضايا أخرى سوف تؤثر فينا كلنا فى هذا القرن .

ويحتاج المواطنون بوجه خاص إلى فهم هذه القضايا حتى يتخذوا موقفا منها. فنحن نحتاج إلى الاستضاءة بالنور ، إذا كان لنا أن نساهم فيما سيأتى قدما .

علم تحسين النسل القديم

ولم يحدث فى الحقيقة أن رأى أحد مقدما "محرقة الإبادة " أو "الهولوكوست" قادمة، وعندما تكشّف فى النهاية أمر معسكرات الموت النازية أمام أنظار العالم المروّع، أصيب العالم كله بالصدمة على نحو متماثل . ومع ذلك فإن علم تحسين النسل، وهو الحركة الزائفة علميا بشأن "العرق الأرقى" والتى وضع النازيون على أساسها معظم نظرياتهم ، هذا العلم كان حيا ومزدهرا فى الولايات المتحدة لمدة لا تقل عن ربع القرن فيما سبق الحرب العالمية الثانية .

وعندما استولى هتلر على السلطة وأخذ يطبق نظرياته عن تحسين النسل على جماهير أوروبا ، كان قد حدث وقتها أن أصدرت أربع وعشرين ولاية فى الولايات المتحدة قوانين للتعقيم الإجبارى صممت لمنع " غير اللائقين " و "ضعفاء العقول" من إنجاب أطفال ، وكل هذا بغرض تحسين المستودع الجينى الأمريكى .

> رأينا لأكثر من مرة أن شأن الصالح الجماهيرى قد يتطلب من أفضل المواطنين بذل حياتهم . وسيكون من الغريب ألا تستطيع مطالبة أولئك الذين يستنزفون قوة الولاية بأن يبذلوا هذه التضحية الأقل ، والتى كثيرا مالا يحس أولئك المعنيين بها بأنها تضحية ، وهى تُطلب منهم حتى نحمى كياننا من أن يغرق مغمورا بالعجز، ومن الأفضل لكل العالم أن يتمكن المجتمع من أن يمنع من يكونون غير لائقين على نحو واضح من أن يتواصل استمرار صنفهم ، وذلك بدلا من أن ينتظر المجتمع فى ترقب لإعدام سلالتهم المنحطة بسبب ارتكاب الجرائم ، أو بدلا من أن يتركهم يموتون جوعا بسبب بلاهتهم، فالمبدأ الذى يقر بالتطعيم الإجبارى فيه السعة الكافية لتغطية عملية قطع أنابيب فالوب(*) ... وجود ثلاثة أجيال من البلهاء فيه الكفاية .

أوليفر وندل هولمز، قاضى المحكمة العليا فى الحيثيات التى كتبها للحكم فى قضية بوك ضد بل، ١٩٢٧

(*) الأنابيب الفالوبية الأنابيب التى تنقل البويضة فى المرأة من المبيض إلى الرحم، وقطعها يعنى تعقيم المرأة. (المترجم) .

يُلام عادة فرنسيس جالتون ابن عمة تشارلز داروين ، لأنه سك مصطلح علم "تحسين النسل " عن مصطلح إغريقى بمعنى "المولود الحسن". (نال جالتون شهرة أكثر لابتكاره استخدام البصمة البشرية للتعرف على هوية الفرد) . وأخذ جالتون فى زمن مبكر ، يرجع وراء لثمانينيات القرن التاسع عشر ، يروج لمفهوم تحسين العرق البشرى بالاستيثاق من أن يتزاوج أكثر الرجال موهبة وجاذبية مع أكثر النساء موهبة وجاذبية، بينما يكون هناك فى الوقت نفسه تقييد لإمكان تكاثر من لايكونون محظوظين هكذا . وكتب أن هذه النظرة هى امتداد طبيعى لمفاهيم الانتخاب الطبيعى من أجل تحسين مقصود للجنس البشرى . فكتب قائلا: " إن ما تفعله الطبيعة فى عماء وبطء، وبلا رحمة ، قد يصنعه الإنسان بحكمة ، وسرعة ، ورفق ".[1]

لقد أُعيد اكتشاف نظريات جالتون هى ومعها مبادئ مندل فى الوراثة عند بداية القرن العشرين، وأصبحت النظرية هى أنه إذا كنا نستطيع تربية البسلة من حيث الارتفاع، وملمس البذرة ، ولون الورقة ، أفلا ينبغى أن نحاول تربية البشر من حيث الجمال ، والمخ والشخصية ، والشجاعة ؟ هذه هى الطريقة التى صنعت بها الوراثيات أول ظهور لها بشكل ملتبس فى الوعى الجماهيرى ، وقد وضعت نقاب تحسين النسل كعلم للخير العام .

> لا يوجد أى اختراع عظيم ، بدءا من النار حتى الطيران، إلا وقد زُعم أن فيه إهانة لبعض جانب إلهى .

ج. ب. س هالدين عالم الكيمياء الحيوية فى كتاب ديدالوس[*]، أو العلم والمستقبل (نيويورك : دتون ، ١٩٢٣)

(*) ديدالوس شخصية فى الأساطير الإغريقية ابتكرت اختراعات عديدة كأنه يمثل العلم والتكنولوجيا فى هذه الأساطير. (المترجم)

وكان يمكن أن تظل هذه مجرد نظرية أخرى من تلك النظريات الهامشية نصف المطبوخة إلا أنه وقف من وراء ذلك بحزم أطباء ، وعلماء ، وسياسيون ، ومؤسسات قوية وغنية مثل " مؤسسة روكفلر" و" معهد كارنيجى" . وفجأة أخذت تظهر فى كل مكان كتب ومقالات يبزغ فيها "العلم العرقى" الجديد . ويكتب دانيل كيفلز عالم الأخلاق فى ييل عما لاحظه فى معرض السوق الحر لكانساس ١٩٢٤ حيث كان فيه: إلى جانب مسابقة الخنازير ومباريات زراعة اليقطين ، فهناك منافسة على "السلالة البشرية" للعائلات التى تنال درجة (أ) . وكانت الجائزة هى "كأس الحاكم للعائلة الأكثر لياقة"، ويستطيع المتنافسون على الفوز "الدخول فى المسابقة" فى واحدة من ثلاث فئات للحجم: الصغير، والمتوسط ، والكبير .

على أن أنصار تحسين النسل لم يقتصروا على أن يشجعوا إنجاب "الأفضل". فسرعان ما أخذوا يركزون جهدهم على العمل على تخفيض أعداد السكان الأمريكيين من النوع "غير اللائق والمهجن" ، الذين يُعدون الأسوأ فى المجتمع . وصدرت لوائح تمنع زيجات معينة ، وبرامج للإنسال ، ثم وُفِّقوا فى النهاية على قوانين للتعقيم فى ولايات عديدة عبر القطر .

لقد تم بوجه عام ، فى الولايات المتحدة التعقيم الإجبارى لأكثر من ٦٠٠٠٠ من الأفراد (كان الكثير منهم من النساء اللاتى اعتُبرن "داعرات" و"جامحات") وذلك بأمل تنقية المستودع الچينى الأمريكى .

ويركز إدوين بلاك فى كتابه "الحرب ضد الضعفاء" على ما بُذل هكذا من جهد ساحق مدمر . ويكتب قائلا: "كان ضحايا تحسين النسل من السكان الفقراء فى المدينة ، و(نفاية البيض) من نيوانجلاند حتى كاليفورنيا ، مهاجرون من أرجاء أوروبا، وسود، ويهود ، ومكسيكيون ، وأمريكيون محليون(*) ، ومرضى الصرع ، ومدمنو

(*) الأمريكيون المحليون يقصد بهم الهنود الحمر . (المترجم)

الكحول ، وصغار المجرمين ، والمرضى العقليون ، وأى شخص آخر لا يوجد فيه مشابهة للمثال الجرمانى الشمالى الأشقر الأزرق العينين الذى تمجده حركة تحسين النسل".[٢]

بل إن المحكمة العليا للولايات المتحدة وقفت بحزم وراء تحسين النسل بقرار صدر بتأييد ثمانية أصوات ضد صوت واحد ، يؤيد قانون ولاية فرچينيا للتعقيم لتحسين النسل وإجراء تعقيم إجبارى لأم شابة بلا زواج ، وكتب حيثيات الحكم القاضى أوليفر وندل هولمز، وهى حيثيات تبدو مذهلة عند التبصر فيها بنظرة لاحقة:

ومن الأفضل لكل العالم أن يتمكن المجتمع من أن يمنع من يكونون غير لائقين على نحو واضح من أن يتواصل استمرار صنفهم ، وذلك بدلا من أن ينتظر المجتمع فى ترقب لإعدام سلالتهم المنحطة بسبب ارتكاب الجرائم ، أو بدلا من أن يتركهم يموتون جوعا بسبب بلاهتهم . فالمبدأ الذى يقر بالتطعيم الإجبارى فيه السعة الكافية لتغطية عملية قطع أنابيب فالوب . ويكفى هنا وجود ثلاثة أجيال من البلهاء (فى إشارة للمرأة الشابة، وطفلها الذى يبلغ عمره الشهرين ، وأمها) .

ولقد حدث قبل ثلاث سنوات من كتابة هولمز لحيثياته أن اعترف أدولف هتلر بافتتانه بمسار تحسين النسل الفظ الذى يجرى فى الولايات المتحدة . فكتب هتلر فى ١٩٢٤ فى كتابه "كفاحى" مبديا إعجابه بقوانين الهجرة الأمريكية التى تجدد تشديدها هى وغيرها من سياسات تحسين النسل. ويكتب هتلر: "هناك الآن دولة واحدة يمكن أن نلاحظ أنه توجد فيها على الأقل بدايات ضعيفة تجاه مفهوم أفضل (عن الهجرة). وبالطبع ؟ ليست هذه الدولة هى جمهوريتنا الألمانية النموذجية. إنها الولايات المتحدة ".

وتحدث هتلر بعدها بسنين إلى أحد زملائه قائلا: "درست باهتمام قوانين ولايات أمريكية عديدة تختص بمنع تكاثر الأفراد الذين ستكون ذريتهم بكل احتمال ذرية لا قيمة لها أو ستكون ضارة بسلالة العرق" .

ولم يقتصر وجود حركات تحسين النسل بأى حال على الولايات المتحدة وألمانيا. فقد ازدهرت أيضا فى كندا ، وبريطانيا ، وإسكندنافيا . وأُجرى فى السويد عمليات تعقيم لما يصل إلى ٥٠٠٠٠ امرأة ، معظمهن يعانين من أمراض وراثية وغيرها من العلل .

وحدث بالطبع نفى لأية مصداقية لتحسين النسل بعد أن تكشفت فى النور معسكرات الموت النازية ، والتجارب المروعة التى أجراها جوزيف منجيل على التوائم . و(استخدم النازيون الذين واجهوا المحاكمة عن جرائم الحرب ما كتبه أوليفر وندل للدفاع عن أنفسهم عند نقطة معينة)، ومع ذلك لا يزال ثمة خوف باق فى أذهان النقاد خشية نوع جديد من علم تحسين النسل، نوع أكثر رهافة قد ينتج عما اكتسبناه من معرفة جديدة بالطفرات الوراثية الفردية ، وينتج عن وجود رغبة مماثلة للإقلال من شأن حقوق الإنسان فى سبيل صالح الجماهير ... أو الربح الخاص.

ويكتفى كيفلز قائلا: "فى مجال الصالح العام ، مع استمرار تزايد تكلفة الرعاية الصحية ، وتزايد ما نكتسبه من معلومات وراثية فإنه يمكن تصور أن يؤدى ذلك إلى تجديد المقدمات الأخلاقية للحركة الأصلية لتحسين النسل ، والإصرار على أن حقوق الأفراد فى الإنجاب يجب أن تتراجع لإفساح المجال للرفاه الطبى – الاقتصادى للمجتمع ككل.[٣]

> مفهوم ما هو طبيعى لن يكون فيه ما يعوق العلم . فالحقيقة أنه سيضعه فى الاتجاه الآخر . ويبدو أن الدخول فى معركة مع ما يكون طبيعيا أمر فيه قوة دافعة خطيرة . فالعلم لديه تاريخ طويل وعميق فى الازدراء الكامل لمفهوم ما هو طبيعى.

دافيد ج. روثمان، إعادة تصميم الذات، فى كتاب الثورة الچينومية، (واشنطن العاصمة ، مطبعة چوزيف هنرى ، ٢٠٠٢)

ويضيف بول لمباردو المحامى الذى عمل مديرا "لمركز أخلاقيات الطب الحيوى" بجامعة فرچينيا ، فيقول: "نحن كبلد لم نتجاوز فى نمونا مرحلة التعصب الأعمى ، ولم نتجاوز رغبتنا فى إيجاد كبش فداء لظروفنا الاقتصادية ، ولا حاجتنا لأن نستخدم العلم كدواء عام يعالج كل مضار ظروفنا الاجتماعية . فهناك حاليا مبالغة فى التهويل تحيط بعلم الوراثة سوف تزود الوقود الوافر لأولئك الذين يودون دفع خطط تحسين نسل جديدة ، سواء كانوا سيستخدمون أو لا يستخدمون وصفة (تحسين النسل) التى سبق نفى مصداقيتها".(٤)

علم تحسين نسل جديد

يوضح إدوين بلاك فى كتابه "الحرب ضد الضعفاء" أنه إذا كان لعلم تسحين نسل جديد أن يبزغ من معرفتنا الجديدة لدنا ، فإنه سيبدأ بتكوين طبقة دونية وراثيا - "طبقة دونية لايمكن التأمين عليها ، ولا توظيفها ، ولا تمويلها". وحتى يصنع المجتمع ذلك ، يجب أن يعمل منهجيا على تصنيف دنا كل فرد بحيث يستطيع فصل الدقيق عن النخالة . ويعتقد بلاك أن " هذه العملية قد بدأت بالفعل " .

> نحن على شفا تطور حقيقى فى الطب، إلا أن هناك احتمالا بألا يحدث ذلك على نحو ما نأمله . ولن يكون ذلك بسبب إخفاق علمى؛ فهناك أدلة متزايدة (تدل على أن) الناس يخشون من أن تُستخدم المعلومات الوراثية عنهم لإنكار حقهم فى التأمين الصحى أو فى الحصول على وظيفة، وهذه الخشية تمنعهم من طلب المعونة الطبية. فالثورة التى فى متناول يدنا قد لا تتحقق لأن الناس يخشون المساهمة فيها.

كريج فنتر ، مؤسسة شركة سيليرا جينومكس.

ويقوم مكتب المباحث الفيدرالية بالفعل بأخذ عينات دنا من أى مواطن بالولايات المتحدة يدان فى إحدى الجرائم ، كما أن بعض الولايات تأخذ عينات ممن يقبض عليهم (ممن تُفترض قانونيا براءتهم) . وأما وزارة الدفاع فتجمع العينات من كل الأفراد العسكريين ، وتجمع الحكومة الفيدرالية العينات من الكثير من الموظفين المدنيين. وهناك عينات دم من المواليد يختزنها الأطباء عندما يخزون كعب هؤلاء المواليد لاختبارهم لفصائل الدم ومرض "بول الكيتون الفينولى" . وتحتفظ كاليفورنيا وحدها بما يزيد عن سبعة ملايين عينة مختزنة فى شكل "بقع نشاف جوثرى". وعندما نضيف إلى ذلك ما ينفَّذ من اختبارات روتينية للدم والاختبارات الوراثية التى تُجرى من حين إلى آخر للأفراد، فسنرى عندها أننا قطعنا مرحلة كبيرة فى الطريق للوصول إلى موقف يكون فيه دنا كل أمريكى مختزن فى بنك للبيانات فى مكان ما .

ويرأس ستيفن بنجامين "لجنة أدلة الطب الشرعى فى الجمعية القومية لمحامى الدفاع الجنائيين"، وهو يقول: "القرار المهم بالنسبة إلى الجمهور هو ما إذا كنا نريد من الحكومة أن يكون لديها شفرة حياتنا ، الشفرة التى تجعلنا ما نحن عليه ؟"(٥) .

إجابات سريعة وقذرة

يعمل تروى دستر عالما للاجتماع فى جامعة نيويورك وقد رأس اللجنة الاستشارية القومية لبرنامج " الدلالات الأخلاقية ، والقانونية والاجتماعية لمشروع الچينوم البشرى " فى أواخر تسعينيات القرن العشرين . وهو يقول: "يساورنى القلق حول وجود حركة تحسين نسل مع بداية القرن الحادى والعشرين " .

ولقد أخبرنى دستر أنه يعتقد أن هناك احتمالا لأن يحدث سريعا تخزين لدنا كل الأفراد فى بنك معلومات بمكان ما. ويجمع مكتب المباحث الفيدرالية عينات دنا من أى فرد يدان فى جريمة (ويجمعها أحيانا ممن يتهمون لاغير بجريمة) ويضعها فى

منظومته الضخمة السريعة النمو المسماة "قاعدة البيانات القومية للمنظومة المشتركة لفهرس دنا" .

وبالإضافة إلى ما يوجد من مخاوف بشأن انتهاك الحقوق المدنية - مثل أخذ العينات إجباريا من المشبوه فيهم ، والمتهمين ، والموضوعين تحت المراقبة - يقول دستر: إن هناك احتمال لأن يأخذ علماء البحث الجنائى فى إيجاد علاقة ارتباط بين تباينات تعدد الأشكال فى النيوكليوتيدات(*) المفردة فى الچينوم البشرى من جهة وبين احتمال ارتكاب الفرد للجرائم من الجهة الأخرى . وعلى سبيل المثال، حيث إن معظم نزلاء السجون يكونون من الأمريكيين الأفريقيين ، ومن المتوقع هكذا أن نرى أيضًا أن معدل حالات الأنيميا المنجلية بين مجموعة نزلاء السجن معدلا أعلى من المتوسط . إلا أنه سيكون من الخطأ - ومن الخطر - أن نضع علاقة ارتباط بين وجود تباينات النيوكليوتيدات المفردة التى تسبب مرض المنجلية وبين وجود نزعة للجريمة.

> معظم الناس يعتقدون أن من الأمور الجيدة أن يكون لدينا بنوك معلومات لدنا؛ لأنها ستساعدنا فى القبض على المجرمين، وليس غير عدد قليل جدا من الأفراد الذين يعتقدون أن هذا الأمر فيه إمكان لإساءة استخدام السلطة .

عالم الاجتماع تروى دستر

يقول دستر: "ها هنا مكمن الخطر ، فهذا فيه إحساس زائف بالدقة ، حيث نظن أننا سنحصل على حلول لمشكلات هى فى الواقع أكثر تعقدا من ذلك. فنحن نعتقد أن دنا سيساعدنا فى حل مشكلات معينة ، فى حين أنه فى الحقيقة قد يوصلنا لإجابات سريعة وقذرة (وخطأ)" .(٦)

(*) النيوكليوتيدات وحدات فى تركيب دنا أو رنا تتكون من إحدى القواعد النيتروچينية مع فوسفات وسكر.(المترجم)

أما فيليب بيريانو عالم الأخلاق فيقول: إن هناك شأنا آخر علينا أن نفكر فيه ، وهو أن أحد الاختبارات الوراثية قد يدل على وجود طفرة ، ولكن هذا لا يدل على فرض مطلق بأن الأرجح أن هذا الشخص سوف يعانى من مرض وراثى معين . ويترتب على ذلك أن الاختبارات الوراثية التى تُجرى للناس سواء كانت إجبارية أو غير إجبارية ستكشف فى أحيان كثيرة عن معلومات لا تكون بأية حال مطلقة .

قال لى بيريانو: إن الحتمية الوراثية - المبدأ الذى يصنف الناس بالاعتماد فقط على جدارتهم الوراثية أو مشكلاتهم الوراثية - "كثيرا ما تتأسس على هراء قذر. وهناك شيء من هذا القبيل يتواصل الآن . فعلم تحسين النسل هو للأسف النتيجة المنطقية للحتمية الوراثية . والفكر الذى سيلى ما يقال من أن ، "هذه أشياء سيئة" هو أن يقال ، "هيا نصلحها باستخدام التكنولوچيا"، إلا أننا لدينا تاريخ طويل يبين لنا ما تكونه مشكلات هذه الطريقة للتناول".(٧)

> لا يملك المرء إلا أن يشعر بالانزعاج من أننا كلما أصبحنا أكثر قدرة، أخذنا فى التعامل مع أفراد البشر بطرائق يصعب جدا الموافقة عليها وفيها احتمالات خطيرة جدا .

دافيد بالتيمور ، رئيس معهد كاليفورنيا للتكنولوچيا

الاختبار الوراثى الإجبارى فى مقر العمل

فى هذه الأيام المبكرة للاختبارات الوراثية ، هناك بالفعل أمثلة جلية عن أصحاب العمل الذين يختبرون دنا موظفيهم دون معرفتهم .

فيقول بيريانو: "الأمر كله يدور حول السلطة . فأصحاب العمل هؤلاء يريدون سلطة الترصد ، حتى ولو فى موقف ليس فيه أى منطق معقول".

وهناك حالة توضح ذلك شملت معمل لورنس بيركلى القومى ، وهو معمل لقسم الطاقة فى كاليفورنيا . فيُجرى هذا المعمل اختبارات طبية روتينية لموظفيه ، ولكن الموظفين لايعرفون أنهم عندما يكونون من السود أو من النساء ، فإنه تُجرى عليهم اختبارات إضافية أيضًا . وكان المعمل يختبر النساء للحمل ، ويختبر الأمريكيين الأفارقة لوجود الچين الذى يدل على الاستهداف لأنيميا الخلية المنجلية . بل وقد قيل عنه أنه كان يختبر الموظفين الأمريكيين الأفارقة وأولئك الذين من أصل إسبانى لمرضى الزهرى .

وعندما اكتشف الموظفون ذلك ، قاضوا المعمل للتعويض . وكان أن كسبوا القضية على مستوى الاستئناف . ففى ١٩٩٨ حكمت الدائرة التاسعة لمحكمة الاستئناف بأن الشركة قد انتهكت بالتأكيد خصوصية الموظفين . ولاحظ القاضى ستيفن راينهاردت فى الحيثيات أن " الأمور التى تم اختبارها هى جوانب من صحة المرء حيث يتمتع الفرد بخصوصية المعلومات لأقصى درجة متوقعة ". وفاز الموظفون بمبلغ ٢,٢ مليون دولار ومُحيت بياناتهم من الكمبيوترات .

وحدث فى ٢٠٠٢ أن دفعت شركة بيرلنجتون سانتافى ، وهى شركة سكك حديد رئيسية بأمريكا الشمالية ، مبلغا مماثلا لإجراء تسوية، فكانت هذه الشركة أيضا تختبر الموظفين دون علمهم ، وإن كان ذلك فى هذه المرة فى محاولة لمعرفة ما إذا كان الموظفون لديهم زيادة فى الاستهداف لمتلازمة "نفق الرسغ"(*). (ظل من غير الواضح فى وثائق المحكمة ما إذا كان كبار الموظفين قد التبس عليهم الأمر ، لأن الطفرة التى كانوا يجرون الاختبار من أجلها قد لا تكون لها علاقة بنفق الرسغ) .

(*) متلازمة نفق الرسغ مرض يحدث فيه إحساس بالألم والخدر فى أصابع اليد نتيجة وجود ضغط على عصب يمر خلال النفق الرسغى الموجود بين عظام الرسغ وأوتار العضلات . (المترجم)

قال مدير شركة بيرلنجتون فى المحكمة: إنهم ببساطة كانوا يحاولون تقليل حجم ما يدفعونه للتأمين .

> يُلقَى النرد الوراثى فى رميات عشوائية بما يؤدى إلى أن تحرم عددا أكثر مما ينبغى من المواليد من فرصة الإسهام إسهاما كاملا فى الحياة البشرية .

چيمس واطسون، فى ملاحظات القيت فى نادى الكومنولث فى سان فرنسيسكو، ٩ أكتوبر ٢٠٠٣ .

الاختبار والتمييز

هل تقبل إجراء اختبار وراثى إذا كنت تخشى أن صاحب عملك أو شركة تأمينك يستطيع أى منهما أن يستخدم النتائج ضدك ؟ يراهن العالم كريج فنتر على أنك لن تقبل ذلك .

وأدلى فنتر بشهادته أمام لجنة فرعية للكونجرس فى محاولة لإقناع المشرعين بألا يسمحوا لشركات التأمين بأن تميز بين الأفراد على أساس الاختبار الوراثى .

وأدلى فنتر بشهادته بالنيابة عن "منظمة صناعة البيوتكونولوچيا" فقال: "نحن على شفا تطور حقيقى فى الطب . إلا أن هناك احتمالا بألا يحدث ذلك على نحو ما نأمله . ولن يكون ذلك بسبب إخفاق علمى . فهناك أدلة متزايدة على أن الناس يخشون من أن تُستخدم المعلومات الوراثية عنهم لإنكار حقهم فى التأمين الصحى أو فى الحصول على وظيفة . وهذه الخشية تمنعهم من طلب المعونة ... فالثورة التى فى متناول يدنا قد لا تتحقق لأن الناس يخشون المساهمة فيها".[٨]

إن نانسى بولو هى نائب رئيس العملاء فى "اتحاد الوراثيين" ، وهو حلف بين جماعات تنادى بتوفير "ملاذ آمن" للأفراد الذين تأثرت حياتهم بالاكتشافات الوراثية . تقول بولو: "العملاء منزعجون للغاية فيما يتعلق بالخصوصية ومَن الذين ستقع فى أيديهم هذه المعلومات الطبية والوراثية ". وهى تقول فى كتاب صدر لعامة القراء عنوانه "المخاطرة والتأمين": "هناك أفراد أُنكر عليهم الحق فى التأمين بسبب ظروف وراثية وأفراد أُلغى ما لديهم من تأمين أو زيد من أقساطه، وبالتالى فإن هناك مبرر لأن يثور القلق من جانب العملاء".(٩)

> ما لدينا من دنا شأن خاص بكل واحد منا كأفراد . ينبغى ألا يكون لأى أحد الحق فى فحص دنانا بغير موافقة منا، وعندما أقول ذلك ، فأنا أعرف أنه سيثبت أن الأمر أكثر تعقدا مما نود . وسنعرف بمرور الوقت معلومات كافية عن جيناتنا تمكننا من إصدار التنبؤات ، كأن نتنبأ مثلا بما إذا كان من الأرجح أننا سوف نقرر ألا نؤمّن بوثائق تأمين كبيرة القيمة فى سن مبكر . وستعرف شركات التأمين أن لدينا هذه القدرة، وبالتالى فإنها سوف تطالب بالحق فى إلقاء نظرة على دنانا ، وذلك مثلا إذا كنا نريد التأمين بوثيقة من ١٠ مليون دولار . فيجب أن نجد بعض حل وسط ؛ فنحن لا نريد أن تتوقف شركات التأمين عن العمل .

جيمس واطسون، فى حديث لنادى الكومنولث فى سان فرنسيسكو ، ٩ أكتوبر ٢٠٠٣ .

شكلت شركات التأمين أوراق ضغط على الكونجرس حتى لا يسن قوانين تمنعها من الحصول على المعلومات الوراثية ، وزعمت أن المخاوف التى تقال لا أساس لها ، فى حين قال عالِم الأخلاق بيريانو: فى أثناء ذلك: إنه قد وجد أدلة غزيرة من حكايات

ضد ذلك . يقول بيريانو: إنه تلقى تقارير بأن منظمة للحفاظ على الصحة قد ذكرت عنها قصة فيما يتعلق بحالة امرأة حامل كان جنينها قد اختُبر ووُجد أنه إيجابى لمرض التليف الكيسى ، فقيل للمرأة: إن المنظمة ستغطى نفقات إجهاض الجنين ، ولكنها لن تغطى أية نفقات إن واصلت المرأة حملها بالجنين حتى ولادته . وكذلك كان هناك صبى صغير يحمل چينا يسبب استهدافا لمرض فى القلب ، فرُفض التأمين عليه، حتى مع أنه كان يتعاطى علاجا يزول معه خطر ذلك . وكما حدث أن امرأة سليمة صحيا ذكرت فى زيارة لطبيب عائلتها أن أباها لديه مرض هنتنجتون. وعثرت شركة التأمين على مذكرة كتبها الطبيب بهذا الشأن ورفضت إجراء تأمين لها ضد التعّوق .[١٠]

> كلما وُلد طفل فإنه يؤخذ لمجلس من المسنين لفحصه . فعندما يكون الطفل معيبا بأى طريقة ، يسقطه المسنون فى هوة . فهذا الطفل فى اعتقاد أهل إسبرطة ينبغى ألا يسمح له بالعيش . وكان المواليد الجدد يُغسلون بالنبيذ حتى يكونوا أقوياء فى المستقبل . وكانوا يُربون بحرية ونشاط دون أى نوع من طرائق تدليل الطفل البكاّء. ولم يكن الأطفال الإسبرطيون يهابون الظلام، ولاهم ممن يصعب إرضاؤهم بشأن طعامهم.

بلوتارك ، وهو يصف إسبرطة القديمة ، التى قادها ليكورجس ، ٨٠٠ ق. م.

وعلى الرغم من إجراء مداولات لمشروعات قوانين كثيرة فى الكونجرس لمنع شركات التأمين وأصحاب العمل من إجراء أى تمييز وراثى، فإنه حتى كتابة هذا لم يتم تشريع أى شىء من ذلك كقانون .

وتعمل چوان هاستيد مديرة فى "المشاركة القومية للنساء والعائلات" وقد ظلت تحث على سن تشريع فيدرالى بهذا الشأن . تقول هاستيد: "تجرى حماية لشرائط

تسجيل الفيديو المؤجرة بدرجة أكبر" من حماية خصوصيتنا الوراثية . وتضيف قائلة: "لا يوجد قانون فيدرالى تم إصداره لحماية موظفى (القطاع الخاص) لأن أعضاء الكونجرس يضعون رؤوسهم فى الرمال".(١١)

الاختبار الوراثى والأمراض الاجتماعية

إن انتشار جمع عينات لدنا وإجراء الاختبارات الوراثية يمكن أن يؤدى أيضا إلى أن يخفى المجتمع رأسه فى الرمال، الأمر الذى يثير قلق هيلين والاس ، وهى تقود مجموعة مواطنى " مراقبة الچين " التى تقوم بدور الكلب الحارس فى المملكة المتحدة. فإذا تُرك هذا الأمر دون تفحص دقيق فإنه يمكن أن يؤدى إلى مجتمع أكثر كسلا ، ومجتمع أقل اتجاها لمعالجة الأمراض الاجتماعية ما دام يستطيع بسهولة أكبر أن يبين ما يكمن وراءها من أسباب وراثية .

وتشرح والاس الأمر قائلة: "التأثيرات الضارة للتدخين، والأغذية السيئة، والفقر، والتلوث لايقتصر مفعولها على الأفراد ذوى الچينات السيئة. وكمثل: فإن الزيادة الهائلة حاليا فى السمنة ، ليس سببها زيادة فى چينات للسمنة . وهكذا ، فعلى الرغم من أننا جميعا لا نختلف بيولوچيا إلا اختلافا هينا وبعض هذا الاختلاف وراثى، فإن التغيرات الكبيرة فى معدل حدوث الأمراض الشائعة (من حيث الزمان، أو فيما يقع فى البلاد المختلفة) ترجع إلى عوامل اجتماعية ، واقتصادية ، وبيئية"

فالتناول الوراثى بغرض "التنبؤ والوقاية " من هذه الأمراض فيه صرف لانتباهنا بعيدا عن عوامل الخطر التى يمكن تغييرها – العوامل البيئية بأوسع معانيها – ليتحول الانتباه إلى عوامل لايمكن تغييرها – چيناتنا . فأحيانا يكون هذا مفيدا بالنسبة إلى الأمراض التى يسود فيها خطر من عامل چينى وحيد، ولكنه أمر لا معنى له بالنسبة لمعظم الحالات الأخرى .

وإذ تركّز والاس على چينات السمنة أو السرطان فإنها تضيف كذلك: "عندما نغير فحسب من الأسباب التى نلومها ... بحيث بدلا من أن يُلقى اللوم على المنتجات أو التلوث ، فنلقيه على الفرد ذى (الچينات السيئة) سيتضمن هذا أن سياسة تقييد الاستهلاك أو التلوث لايمكن تطبيقها إلا على أقلية من الأفراد . وهذا يشبه نوعا أن نقول: "دعنا نحاول العثور على الأفراد المستهدفين وراثيا لحوادث الصدام بالسيارات"، أو بدلا من أن نوفر أماكن آمنة لعبور الطريق أو بدلا من أن نعالج مشكلة السرعة".[١٢]

> هناك الآن دولة واحدة يمكن أن نلاحظ أنه توجد فيها على الأقل بدايات ضعيفة تجاه مفهوم أفضل (عن الهجرة) . فبالطبع ليست هذه الدولة هى جمهوريتنا الألمانية النموذجية . إنها الولايات المتحدة .

أدولف هتلر ، كتاب كفاحى

وتوجد احتمالات هائلة للنصب والاحتيال فيما يتعلق بشئون الصحة فى العصر الجديد ، كما تضيف والاس . فإذا كان فى متناول اليد إجراء اختبارات وراثية رخيصة، فإن فى متناول اليد أيضًا فى كل مكان ما هو متاح بسهولة من الأدوية والمكملات الغذائية ، وكلها تستهدف من تسميهم والاس بأنهم "الأصحاء المرضى".

تقول والاس: "قد تشمل استراتيجية التسويق أيضًا منتجات أخرى ,فردانية،, يُفترض أنها تُعد بالمقاس حسب التركيب الوراثى الفريد لكل شخص: كريمات للجلد، أو نظم لتعاطى الفيتامين ، ثم أخيرا، أغذية وظيفية، ربما تكون مهندسة وراثيا حتى تحوى فيما يفترض الفيتامينات المناسبة لكل فرد . فبعض هذه المنتجات قد تسبب تأثيرات جانبية ضارة . وبعضها الآخر يسلب أموال العملاء لاغير، وليس فى أى منها ما يحتمل أن يحدث أى تحسينات مهمة للصحة ".[١٣]

تحمّل تكلفة الارتقاء وراثيا

وإذا كان لدينا حركة تحسين نسل جديدة ، كما يوضح الكثير من علماء الأخلاق، فإنها لن تستهدف عرقا معينا أو عقيدة معينة، وإنما ستنحاز لصف المتميزين وراثيا لتفضلهم على غير المتميزين وراثيا، وسوف يتمكن أكثر الأفراد ثراء في المجتمع من أن يتحملوا التكلفة اللازمة لأن يضعوا أنفسهم داخل الفئة الصحيحة .

> ما تقوله الدولة هو: إنك في الواقع قد تكون مصدر خطر في المستقبل، لأنك كنت مصدر خطر في الماضي ، وبالتالي فإننا في حاجة لأن نسجل ما لديك من دنا. وهذه طريقة تختلف اختلافا أساسيا عما ظللنا نسمح به للحكومة حتى الآن في معاملة المواطنين .

بنچامين كيهن، محامي الدفاع، في لقاء في برنامج ساعة الأخبار بشبكة بي بي إس ، ١٠ يوليو ١٩٩٨ .

فالفقراء يستطيعون الآن بأية حال أن يتوصلوا على الأقل إلى رعاية صحية كافية، فإن الفقراء هم الذين سيكونون أقل الناس قدرة على تحمل تكلفة سبل "الارتقاء وراثيا" التي ربما تصبح في الإمكان في النصف الثاني من القرن الحادي والعشرين وما بعده . فهذا خط امتداد منطقي للاستنتاج مما يحدث في وقتنا الحالي، بحيث لا يتمكن إلا أفراد الطبقتين المتوسطة والعليا من الاستفادة من التكنولوچيات من نوع علاجات الخصوبة وجراحات التجميل .

وكتبت شيلا روثمان مقالا عنوانه "إعادة تصميم الذات" تقول فيه: "كثيرا ما تثار المخاوف من أن تكنولوچيات التعزيز الوراثي سيحتكرها الموسرون على حساب الآخرين ، (الأمر) الذي سيوسع من الفجوة ما بين الطبقات ، ويمنح الأغنياء مع غناهم مزايا أكثر".

وتكتب روثمان: " وبالتالى فإن "من يملكون" هم الذين سينالون هذا التعزيز، الذى سوف يوفر لهم تميزا بيولوچيا بالإضافة إلى ما يوجد لديهم من تميز اقتصادى. على أن هذه الاعتراضات ، مهما كان تعاطفنا معها ، لن تؤدى إلى الإقلال من سرعة الاندفاع إلى التعزيز " . وتزيد القول بأن الانتظار حتى يستطيع كل فرد أن يشارك فى الأمر يبدو كشىء خيالى ، لأنه ما من أحد قط قد افترض أن علينا أن نقيد تكنولوچيات أخرى ، مثل إنترنت، حتى يستطيع قطاع واسع من الناس أن يتحمل تكلفتها . كذلك فمن غير المرجح بالمرة أن افتراضا كهذا سيتم تقبله فى الوراثيات.(١٤)

ألقى جيمس واطسون بثقله فى هذه القضية أثناء خطابه فى ٢٠٠٣ لنادى الكومونولث فى سان فرنسيسكو: "ينبغى أن ننظر أيضا فى أمر ما إذا كان ينبغى أن نحاول تحسين الحياة البشرية بإضافة مادة وراثية جديدة إلى چينات خلايانا الجرثومية . فأنا فى صف أن ننطلق قدما فى ذلك ، وإن كان معظم زملائى من العلماء يقولون إنهم ضده . وأعتقد أنهم لن يؤدوا إنذار الجماهير باحتمال مخاطر لن تحدث أبدا"، قال ذلك مشيرا إلى سيناريوهات روايات الخيال العلمى التى تتضمن تكوين جنس بشرى يحدث فيه اختلاف وتحسين دراميان .

فهل هناك تنظيم يمكن أن يتوصل إليه المجتمع ويجعل فرص توزيع أوجه العلاج والتعزيز ، الضرورية هى وغير الضرورية معا (فيما يتعلق بالصحة)، فرصا أكثر تساويا ؟

> ليس غير مبدأ سلوكى واحد يستطيع أن يمنع حلم أنصار تحسين النسل فى القرن العشرين من أن يتحقق بواسطة الهندسة الوراثية للقرن الحادى والعشرين: فمهما كان مدى سرعة وأبعاد تنامى العلم، فإنه ينبغى ألا يحدث أى إجراء فى

أى مكان بواسطة أى شخص يؤدى إلى استبعاد أى فرد أو انتهاك حرمته أو قمعه أو الإضرار به على أساس من تركيبه الوراثى .

إدوين بلاك، الحرب ضد الضعفاء (لندن : أربعة جدران وثمانية نوافذ، ٢٠٠٣) ص ٤٤٣ - ٤٤٤

وطرح بعض علماء الأخلاق أن الحكومة ينبغى أن تدفع تكلفة أوجه التعزيز الوراثى الضرورية للصحة ، والتى تحسّن نوعنا على نحو بيّن عمليا، مثل استخدام الخط الجرثومى للعلاج الچينى فى معالجة مرض هنتنجتون ، وغيره من العلل المتوارثة. وأما العلاج من أجل "الزهو" التافه - مثل الرغبة فى شعر أشقر ، أو من أجل إطالة القامة مثلا لأكثر من المتوسط أو أن تكون الأكتاف عريضة - فهذا علاج ينبغى أن يتحمل الفرد عبأه .

إن كاثى هانا مستشار للسياسة الصحية فى واشنطن وعالمة أخلاق ، وقد كتبت فى المقال الختامى لكتاب "الثورة الچينومية" قائلة: "المعرفة التى اكتسابناها (حول الچينوم البشرى) يمكن أن تعالج السرطان ، وتتقى مرض القلب ، وتطعم الملايين . وكما نجد فى الوقت نفسه أن إساءة استخدامها يمكن أن تؤدى إلى أن يحدث فى الحياة تعصب ، ووصم ، وإبخاس قيمة من خلال تكنولوچيات تعزيز طائشة، فالخير العظيم كما وُعدنا به فيه السبب لأن يكون من اللازم علينا جميعا أن نفهم المزيد بشأن العلم وتطبيقات الچينوميات البشرية حتى نستوثق من أن أوجه الضرر لن تتحقق".[١٥]

التيقظ دائما أبدا هو ثمن الحرية .

ويندل فيليب ، نصير مذهب إلغاء الرق ، فى خطابه أمام جمعية ماساتشوستس المعادية للعبودية ، ١٨٥٢)

يقول عالم الأخلاق بيريانو: "زادت الفوارق الاجتماعية والاقتصادية فى الولايات المتحدة على أساس من الأيديولوچية المحافظة التى تنادى بأن "على كل فرد أن يحمى نفسه" ، وأدت زيادة هذه الفوارق إلى تمزيق كل أفكار التماسك الاجتماعى . فهذا أمر يمكن أن يسهل من ظهور تباينات وراثية تنتج تكنولوچيًا ، مثل وجود طائفة بشر من (السوبرمان) المجتمعى . ولسوء الحظ هناك عدد من العلماء بأكثر مما ينبغى ممن ينادون بأن هذا السيناريو المنفر سياسيا أمر "لا مفر منه" . هذا يشبه إجابة كارهى النساء حول من يقال أنهن ضحايا للاغتصاب: "فليرقدن ويستمتعن بالأمر" . يجب على كل من هم بيننا ممن يدعمون الديموقراطية والمساواة فى الحقوق أن يعارضوا معارضة فعالة هذه التجارب لتحسين النسل التى تُجرى على الچينوم البشرى".

چينوم واحد وأسئلة كثيرة جدا

مع السرعة المذهلة للاكتشافات الچينومية ستتأجج علوم دنا فى توهج نيران سريع فى المستقبل . إلا أن هناك أسئلة كثيرة – مثل من الذى له الحق فى الاحتفاظ بصورة تكويننا الوراثى والنظر فيها ، وكيف سيستخدمها أصحاب العمل ، وشركات التأمين ، والقائمين على تنفيذ القانون بالقوة ، وغير ذلك من المنظمات ؟ – هذه كلها أسئلة بعيدة كل البعد عن أن يتم حلها. وعلى الرغم من أن الكونجرس قد أثار هذه الأسئلة ، فإنه حتى كتابة هذا ، لم يتم إصدار أى تشريع جديد ليحمى بوجه خاص الخصوصية الوراثية، فالقوانين الموجودة حاليا – مثل لائحة "الأمريكيين المعوقين" – أفادت الموظفين فى "شركة بيرلنجتون سانتافى" فى أن تُحسم قضيتهم ، كما قال المراقبون .

يقول عالم الأخلاق بيريانو: "وددت لو أنى رأيت (مركز الوراثيات المسئولة)، و(اتحاد الحريات المدنية الأمريكى) ، وغيرهما من الهيئات وقد أثاروا الاهتمام حول

قضايا التمييز الوراثى والخصوصية ، إثارة بالقدر الكافى لأن يجعل المشرعين الحاليين الفيدراليين وفى الولايات يتجهون إلى منع تنامى طبقة دونية وراثيا، أو أن يشتد أزرهم بالقدر الكافى إذا حدث تزايد فى التهديد، فإنه ينبغى ألا يجلس الناس فحسب فوق أردافهم ثم يتوقعون أن تُحَمى لهم مصالحهم . كما أن من اللازم توفير المعلومات للناس".(١٦)

التحرك قدما

هل نوّر هذا الكتاب القارئ بالمعلومات ؟ آمل ذلك . هدفى هو أن يصل للقارئ بلغة واضحة وصفا لعلوم دنا وما ستجلبه لجماعة البشر بحيث يستطيع القارئ اتخاذ القرار الحكيم – حول رفاهة ورفاه أسرته ومجتمعه .

> المعرفة التى اكتسبناها (حول الچينوم البشرى) يمكن أن تعالج السرطان وأن تتقى مرض القلب وأن تطعم الملايين . وكما نجد فى الوقت نفسه أن إساءة استخدامها يمكن أن تؤدى إلى أن يحدث فى الحياة تعصب ، ووصم ، وإبخاس قيمة من خلال تكنولوچيات طائشة. فالخير العظيم كما وُعدنا به فيه السبب لان يكون من اللازم علينا جميعا أن نفهم المزيد بشأن العلم وتطبيقات الچينوميات البشرية حتى نستوثق من أن أوجه الضرر لن تتحقق .

عالمة الأخلاق كاثى إ. هانا

الطريق أمامنا ليس طريقا سهلا بأى حال . ويجلب إلينا كل يوم المزيد من العناوين الرئيسية ، والمزيد من المصطلحات المربكة ، والمزيد من القضايا المجتمعية الأصعب . إلا أننا عند هذه النقطة المفصلية الخطيرة – حيث أصبح من الممكن لأول مرة أن يكون الإنسان هو سيد مصيره – نحتاج إلى بعض حكمة رصينة .

منذ خمسة وعشرين قرنا كان على كونفوشيوس أن يقول:

ثلاث طرائق نتعلم بها الحكمة؛ الأولى ، بالتأمل ، وهو أنبلها؛ والثانية بالمحاكاة ، وهى أسهلها ؛ والثالثة بالخبرة ، وهى أكثرها مرارة.

لا ريب فى أن أفضل ما يمكن أن نأمله فى هذه الثورة الخلابة لدنا هو أن نتجنب المزيد من الخبرة المريرة ونواصل سلوك درب التأمل النبيل .

المراجع

Introduction

1. Ivan Noble, "'Secret of Life' Discovery Turns 50," *BBC News*, February 27, 2003. http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/ 2804545.stm.

2. "What They Said: the Genome in Quotes," *BBC News*, June 26, 2000. http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/807126.stm. This article contains a collection of oft-cited quotations from the day the Human Genome Project and Celera Genomics Corp. announced the rough draft of the human genome sequence.

3. Interview with Francis Collins, March 21, 2004.

4. The number of inmates freed from death row when I started this book was 138. It was 143 when I finished it. To get an up-to-date count of death row inmates exonerated by DNA evidence, visit the Web site of the Innocence Project (www.innocenceproject.org).

5. Interview with David Baltimore, October 21, 2003.

Chapter 1

1. Interview with Francis Collins, March 21, 2004.

2. Ann Kellan's interview with Eric Lander, as part of CNN's *Blueprint of the Body* series (June 1, 2000); full text available at http://www.cnn.com/ SPECIALS/2000/genome/story/interviews/lander.html. This interview was free-form and wide ranging, covering issues as diverse as gene patenting, the relationship between genes and proteins, so-called junk DNA, and ethics.

3. Interview with David Baltimore, president of the California Institute of Technology (Caltech), October 21, 2003. Baltimore was only thirty-seven when he received the Nobel Prize in 1975 for his work in virology. He is widely considered to be one of the most influential biologists of our time.

4. Stephen Frazier's interview with Francis Collins on CNN's *NewsStand*, May 1999, as part of CNN's extensive *Blueprint of the Body* series; full text available at http://www.cnn.com/SPECIALS/2000/genome/story/interviews/collins.html. In it, Collins also told Frazier that he considered the sequencing of the human genome "more significant than splitting the atom or going to the moon." But he qualified his remarks, saying that people shouldn't confuse the mapping of a gene or the sequencing of the genome with the creation of real disease cures and therapies.

5. Interview with David Baltimore, October 21, 2003.

6. Interview with Leroy Hood, October 21, 2003.

Chapter 2

1. Interview with David Galas, November 24, 2003.

2. Ibid.

3. Nearly a century later, Paul Weindling analyzed Oscar Hertwig's work in his 1991 book, *Darwinism and Social Darwinism in Imperial Germany*, stating that Hertwig's image of the sun rising "conveyed the discovery of the moment at which a new life was formed." The metaphor aptly describes, he said, what Hertwig must have intuitively understood: That the sum (life) was greater than the union of the two sex cells.

4. Robin Marantz Henig, *The Monk in the Garden: The Lost and Found Genius of Gregor Mendel, The Father of Genetics* (New York: Mariner Books, 2000), p. 170. This book tells the interesting story you never learned in high school—how Mendel was largely ignored when he released the data from his groundbreaking experiments with peas, and what happened along the road from obscurity to his eventual recognition as the father of genetics.

5. Interview with James Watson, October 12, 2003.

6. J. D. Watson, *The Double Helix* (New York: Atheneum, 1968), pp. 21, 35. Watson has claimed that his goal with this book was to record, as soon after the events as possible, the inside story of the discovery of DNA's structure.

He records the personality conflicts as well as the scientific details, and he pulls no punches.

7. Watson, *The Double Helix*, p. 124.

8. Interview with James D. Watson, October 13, 2003.

9. Francis Crick, *What Mad Pursuit* (New York: Basic Books, 1988), p. 71.

10. James D. Watson, address to the Commonwealth Club of San Francisco, October 7, 2003.

11. Matt Ridley, *Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters* (New York: HarperCollins, 1999), p. 24.

12. J. D. Watson and F. H. C. Crick, "A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid," *Nature* 171 (April 25, 1953), pp. 737–738.

13. Francis Crick, *What Mad Pursuit* (New York: Basic Books, 1988), pp. 62–63. Crick's memoir is a breezy read, and because it doesn't stop at the discovery of the double helix, it doesn't overlap too much with Watson's *The Double Helix.*

14. Richard Dawkins, *River Out of Eden* (New York: Basic Books, 1995), pp. 16–17. I highly recommend this general audience book, which is a witty and engaging explainer of evolution theory and why all of life "almost certainly" derived from a single ancestor.

15. M. Avins, "On the Trail of a Killer, They Discovered Hope," *Los Angeles Times*, November 14, 1999, p. E1.

16. Ridley, *Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters*, p. 58.

17. Nancy Wexler, "Clairvoyance and Caution: Repercussions from the Human Genome Project," *The Code of Codes*, eds. D. Kevles and L. Hood (Cambridge, MA: Harvard University Press), pp. 211–243.

18. Ibid.

19. Ridley, *Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters.*

20. Avins, "On the Trail of a Killer, They Discovered Hope."

21. L. M. Smith, et al., "Fluorescence Detection in Automated DNA Sequencing Analysis," *Nature* 321 (1986), pp. 674–678. This is the original paper detailing Leroy Hood's invention of the automatic sequencer.

22. L. Hood, "After the Genome, Where Should We Go?" *The Genome Revolution* (Washington D.C.: Joseph Henry Press, 2002), p. 64.

23. Ridley, *Genome*, p. 57.

24. Leslie Roberts, "Genome Patent Fight Erupts," *Science* (October 11, 1991), p. 184.

25. Interview with Leroy Hood, October 21, 2003.

26. Interview with David Baltimore, October 21, 2003.

27. "Human Genome Project Complete," *The Scientist* (April 15, 2003); available at http://www.biomedcentral.com/news/20030415/03/.

28. Ridley, *Genome*, p. 24.

29. C. Ezzel, "The Business of the Human Genome," *Scientific American* (July 2000), pp. 48–49.

30. Kevin Davies, *Cracking the Genome* (New York: Simon & Schuster, 2001), p. 37.

31. Ridley, *Genome*, p. 13; also Joseph Campbell, *Grammatical Man: Information, Entropy, Language and Life* (London: Allen Lane, 1983).

Chapter 3

1. BBC interview with Craig Venter, June 2000.

2. Stephen Frazier's interview with Craig Venter on CNN's *NewsStand* (June 3, 1999); available at http://www.cnn.com/SPECIALS/2000/genome/story/interviews/venter.html.

3. Harold Freeman's prologue to the Institutional Review Board for the Protection of Human Subjects, in "Race Not Seen as Factor in Variation of Genetic Code," *San Jose Mercury News*, February 20, 2001. Freeman went on to say, "One of the most astonishing features of the contemporary discussion on race is the fact that anthropology, the science that deals with human biological and cultural variation, has managed to be marginalized . . . [R]egardless of reason, it is clear that there is no consensus and great confusion exists in the discipline with regards to race."

4. "Genome 'Treasure Trove,'" *BBC News*, February 11, 2001. http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/1164839.stm.

5. Douglas C. Wallace, "Using Maternal and Paternal Genes to Unlock Human History," *The Genomic Revolution*, eds. Rob DeSalle and Michael Yudell (Washington D.C.: Joseph Henry Press, 2002), p. 131.

6. Interview with David Baltimore, October 21, 2003.

7. John Cook, "Junk May Hold the Key to Genome Puzzle," *Seattle Post-Intelligencer*, October 10, 2003, p. D-1.

8. *The Cambridge Encyclopedia of Human Evolution* (Cambridge, England: Cambridge University Press, 1992).

9. "Cracking the Code of Life," *NOVA*, PBS (airdate: April 17, 2001). All the transcripts of this two-hour special, hosted by ABC News correspondent Robert Krulwich, are available online at http://www.pbs.org/wgbh/nova/transcripts/2809genome.html.

10. "Sequencing Life," *The NewsHour with Jim Lehrer*, PBS transcript (February 12, 2001).

11. Ibid.

12. "Cracking the Code of Life," *NOVA*, PBS.

Chapter 4

1. James Dao, "In Same Case, DNA Clears Convict and Finds Suspect," *The New York Times*, September 6, 2003, p. A-7.

2. The 1998 Australia Prize, press materials.

3. Kary Mullis, in *Nobel Lectures, Chemistry* 1991–1995, ed. B.G. Malmstrom (Singapore: World Scientific Publishing Co., 1997).

4. Interview with James Watson, October 12, 2003.

5. Harry Weinstein, "DNA Frees Man Jailed for 22 Years," *Los Angeles Times*, September 20, 2003, Section A. In addition to profiling Willis, the article goes on to highlight the importance of keeping DNA evidence, as opposed to destroying it at a set date. Without the DNA evidence, Willis would still be imprisoned.

6. *The Human Genome*, C. Dennis and R. Gallagher, eds. (Hampshire: Palgrave, 2001), p. 54.

7. Interview with Peter Neufeld, February 25, 2004.

8. Interview with Philip Bereano, January 26, 2004.

9. Interview with Benjamin Keehn, transcript from *The NewsHour with Jim Lehrer* (July 10, 1998). In the same program, Dr. Paul Ferrara, of the Virginia Division of Forensic Science, said, "If you are guilty of a crime, DNA is probably your worst enemy. On the other hand, if you're innocent, it's your greatest friend."

10. Interview with Philip Bereano, January 26, 2004.

11. "DNA: Is the 9th Circuit Wrong?" *National Review Online*, October 14, 2003; available at http://www.nationalreview.com/debates/dna200310141029.asp.

12. Interview with Troy Duster, January 25, 2004.

13. "Who Shot Billy the Kid?" Voice of America, August 23, 2003.

14. Interview with Svante Paabo, February 18, 2004.

15. Interview with Douglas Wallace, March 2004.

Chapter 5

1. "Life Blood," *ABC News 20/20* transcript (airdate: February 23, 2001).

2. Ibid.

3. Interview with Mark Hughes, November 3, 2003.

4. Ibid.

5. J. D. Watson, *A Passion for DNA* (Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2000), p. 208.

6. Interview with Mark Hughes, November 3, 2003.

7. Sergio Pistoi, "Facing Your Genetic Destiny," *Scientific American.com*, February 18, 2002; available at www.sciam.com/article.cfm?articleID=00016A09-BESF-1CDA-B4A8809EC588EEDF.

8. Francis Collins, *The Charlie Rose Show*, PBS Television (June 20, 2000).

9. Interview with Leroy Hood, October 21, 2003.

10. Pistoi, "Facing Your Genetic Destiny."

11. Nancy Wexler, "Clairvoyance and Caution: Repercussions from the

Human Genome Project," *The Code of Codes*, D. Kevles and L. Hood, eds. (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1992), p. 238.

12. Shaoni Bhattacharya, "Gene to Halt Ovarian Cancer Found," *Nature Genetics;* available at New Scientist online news service (June 23, 2003), http://www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns 99993859.

13. Wexler, "Clairvoyance and Caution: Repercussions from the Human Genome Project," p. 226.

14. "Gene Raises Heart Attack Risk," *BBC News World Edition*, January 4, 2004.

15. James Dwyer, et al., "Arachidonate 5- lipooxygenase promoter genotype, dietary arachidonic acid, and atherosclerosis," *The New England Journal of Medicine* 1, 350 (January 1, 2004): 4–7.

16. Interview with Rabbi Joseph Ekstein, *The DNA Files* radio series, SoundVision Productions, 1998.

17. Interview with Ruth Ricker, *The NewsHour with Jim Lehrer*, PBS (airdate: April 3, 1996).

18. Nicholas Parasie, "Bill Aims to Regulate Gene Data," Boston University Washington News Service, October 15, 2003.

19. Ibid.

20. Jim Abrams, "Senate Bill Bans Bias Based on Genetic Information," Associated Press, October 15, 2003.

21. Marcy Darnovsky, "Sex Selection Moves to Consumer Culture," *Genetic Crossroads Newsletter*, No. 33, August 20, 2003; available at http://genetics-and-society.org/newsletter/archive/33.html#II.

22. "Choosing Your Baby's Gender," *CBSnews.com*, November 7, 2002; available at http://www.cbsnews.com/stories/2002/11/06/ earlyshow/contributors/emilysenay/main528404.shtml.

23. Lisa Belkin, "Getting the Girl," *The New York Times Magazine*, July 25, 1999, p. 26.

24. Interview with Lee Silver aired on *The DNA Files* radio series, SoundVision Productions, 1998.

25. Interview with Lee Silver, *Leviathan: Back to the Future, BBC News* (broadcast January 1, 2000); transcript available at http://news.bbc.co.uk/ hi/english/static/special_report/1999/12/99/back_to_the_future/lee_silver.stm.

26. Interview with Mark Hughes, November 3, 2003.

27. deCODE genetics press release, December 11, 2003.

Chapter 6

1. Interview with Steven Austad, November 26, 2003.

2. Ibid.

3. Karen Wright, "Staying Alive," *Discover*, November 2003, p. 64.

4. Interview with Cynthia Kenyon, November 16, 2003.

5. Transcript of Cynthia Kenyon's speech at the "DNA: 50 Years of the Double Helix" conference, Cambridge 2003.

6. Interview with Cynthia Kenyon, November 16, 2003.

7. Ibid.

8. P. E. Slagboom, S. Droog, and D. I. Boomsma, "Genetic determination of telomere size in humans: A twin study of three age groups," *American Journal of Human Genetics* 55: 876–882.

9. "Avian Anti-Aging Secret," *Science*, Vol. 300, No. 5626 (June 13, 2003), p. 1653.

10. Ibid.

11. "Scientists Identify Chromosome Location of Genes Associated with Long Life," *Harvard Gazette*, August 28, 2001; available at http://www.news.harvard.edu/gazette/2001/08.16/chromosomes.html. In a press announcement, study coauthor Thomas Perls said, "This is the first study to use humans to try to find genes that play a role in lifespan . . . [m]any investigators thought longevity was far more complex a trait that wouldn't be influenced by just a few genes."

12. T. Perls and D. Terry, "Understanding the Determinants of Exceptional Longevity," in *Annals of Internal Medicine* (September 2, 2003): 445–449.

13. Interview with Aubrey de Grey, December 3, 2003.

14. Jonathan Leake, "Science Gets Serious About Elixir of Life," London's *The Sunday Times*, August 31, 2003, p. 10.

15. Interview with Aubrey de Grey, December 3, 2003.

16. Ibid.

17. Biogerontologist Richard Miller, interview with the American Association for the Advancement of Science, Washington D.C, May 28, 2003.

18. Interview with Richard Miller, January 26, 2004.

19. Ibid.

20. Interview with Steven Austad, January 28, 2004.

21. Biodemographer James W. Vaupel, in a speech at the University of Michigan on December 12, 1999.

22. Matt Ridley, *Genome* (New York: Harper Collins Publishers, 1999), p. 204.

Chapter 7

1. Steve Bunk, "Into the Future," Special Supplement on Cancer, *The Scientist*, September 22, 2003.

2. Jo Revill, "The Cancer Revolution," *The Observer*, March 9, 2003, p. 18.

3. A. Yamamura, *Impact of Genomics on Cancer Diagnosis, Therapeutics, and Pharmacogenics* (Cambridge Healthtech Institute, February 2000).

4. "Careful Planning Guides Center's Strategies to End Disparities by 2015," *National Cancer Institute Newsletter* Vol. 1, Issue 2 (Fall 2003); available at http://crchd.nci.nih.gov/news/newsletters/vol1_issue2/story3.htm.

5. Catherine Arnst, "Cancer: The Hope, the Hype, the Reality," *BusinessWeek*, November 25, 2002, p. 110.

6. Interview with David Galas, November 24, 2003.

7. Project summary of the Cancer Genome Project, The Sanger Institute; available at http://www.sanger.ac.uk/CGP/.

8. Revill, "The Cancer Revolution."

9. American Society of Clinical Oncology press briefing, June 1, 2003.

10. Interview with David Baltimore, October 21, 2003.

11. Jennifer Kahn, "The End of Cancer (As We Know It)," *Wired*, August 2003, p. 108.

12. Interview with Brian Druker, *ABC News.com*, May 10, 2001; available at Healthology Inc. Web site at http://www.healthology. com/focus_article. asp?f=leukemia&b=healthology&c=cml_newdrug.

13. Matt Ridley, *Genome* (New York: HarperCollins Publishers, 1999), p. 190.

14. Interview with Leroy Hood, October 21, 2003.

15. "New Breast Cancer Gene Discovered," *BBC News*, November 26, 2003. http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/3234354.stm.

16. University of Cambridge press release, November 26, 2003.

17. Simon J. Boulton, et al., "BRCA1/BARD1 Orthologs Required for DNA Repair in Caenorhabditis Elegans," *Current Biology* 14 (January 6, 2004): 33–39.

18. The Angiogenesis Foundation press conference, September 29, 2003.

19. Interview with Robert Weinberg, October 21, 2003.

20. "Cancer: A Realistic Assessment," *BusinessWeek*.

21. Interview with Howard Chang, January 26, 2004; see also "Wound-Healing Genes Influence Cancer Progression, Say Stanford Researchers," *Medical News Today*, January 13, 2004; available at http://www.medicalnewstoday.com/index.php?newsid=5310. See also Howard Y. Chang, et al., "Gene expression signature of fibroblast serum response predicts human cancer expression: Similarities between tumors and wounds," *PLoS Biology* Vol. 2, Issue 2 (February 2004).

22. Kahn, "The End of Cancer (As We Know It)."

23. Ibid.

Chapter 8

1. "Scientists Call for Ban on 'Cowboy Cloners,'" Reuters News Service, January 20, 2004.

2. P. Cohen, "Plan to Make Human Cloning Safe Set Out," *New Scientist.com* news service, October 31, 2003. www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns99994334.

3. Tim Friend, "The Real Face of Cloning," *USA Today*, January 17, 2003, p. A.01.

4. A. Coghlan, "Clones Contain Hidden DNA Damage," *New Scientist.com* news service, July 6, 2001. www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns 9999982.

5. Ibid.

6. Friend, "The Real Face of Cloning."

7. "Stem Cell Progress on Parkinson's," *BBC News*, September 15, 2003; available at http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/3110364.stm.

8. "U.S. Postpones Global Human Cloning Ban," *NewScientist.com* news service, November 7, 2003. www.newscientist.com/news/news.jsp?id=ns 99994359.

9. J. B. Cibelli, R. P. Lanza, M. D. West, et al., "The First Human Cloned Embryo," *Scientific American*, January 2002, pp. 44–51.

10. Interview with Rohm and Lanza, December 15, 2003.

11. "U.S. Postpones Global Human Cloning Ban," *NewScientist.com*.

Chapter 9

1. Terence Chea, "Gene Therapy's Hot Seat," *Washington Post*, February 20, 2001, p. E1.

2. John C. Fletcher, "Evolution of Ethical Debate About Human Gene Therapy," *Human Gene Therapy*, Vol. 1, No.1 (Spring 1990): 55–65.

3. S. Hart, "New Baldness Gene Found," *ABCNews.com*, January 1998.

4. Interview with Bruce Sullenger, January 15, 2004.

5. P. Jacobs, "Pioneer Genetic Implants Revealed," *Los Angeles Times*, October 8, 1980.

6. Sally Lehrman, "Virus Treatment Questioned After Gene Therapy Death," *Nature*, 401 (October 7, 1999): 517–518.

7. Carol Smith, "Curing Disease from Inside the Cell: 50 Years After DNA Breakthrough, Seattle Is a Leader in Gene Research," *Seattle Post-Intelligencer*, February 28, 2003, p. A-1.

8. Utpal P. Dave, Nancy A. Jenkins, and Neal G. Copeland, "Gene Therapy Insertional Mutagenesis Insights," *Science* (January 16, 2004): 333.

9. "New Clues in 'Bubble Boy' Gene Therapy," *CNN.com* Health, January 15, 2004; available at http://www.cnn.com/2004/HEALTH/01/15/gene.therapy.ap/index.html.

10. Susan Dentzer, "Gene Therapy," *The NewsHour with Jim Lehrer* transcript (airdate: February 2, 2000).

11. Ibid.

12. Larry Thompson, "Human Gene Therapy: Harsh Lessons, High Hopes," *FDA Consumer* magazine (September-October 2000). www.fda.gov/fdac/features/2000/500_gene.html.

13. Chea, "Gene Therapy's Hot Seat."

14. Thompson, "Human Gene Therapy: Harsh Lessons, High Hopes."

15. Vita Foubister, "Genes Go Incognito into Brain," Children's Neurobiological Solutions newsletter, Issue 40 (May 13, 2003).

16. Ibid.

17. Danny Penman, "Subtle Gene Therapy Tackles Blood Disorder," *New Scientist* (October 11, 2002); and M. M. Vacek, et al., "High-level expression of hemoglobin A in human thalassemic erythroid progenitor cells following lentiviral vector delivery of an antisense snRNA," *Blood* (January 1, 2003): 104–111.

18. Ibid.

19. Bob Holmes, "Gene Therapy May Switch Off Huntington's," *New Scientist.com* news service, March 13, 2003. www.newscientist. com/news/news.jsp?id=ns99993493.

20. W. French Anderson, "Gene Therapy: The Best of Times, the Worst of Times," *Science*, 288 (April 28, 2000): 627–629.

21. Robin McKie, "By Human Design: Children of the Revolution," *The Observer*, October 26, 2003, p. 56.

22. S. O. Freytag et al., "Phase I Study of Replication-Competent Adenovirus-Mediated Double-Suicide Gene Therapy in Combination with Conventional-Dose Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy for the Treatment of Newly Diagnosed, Intermediate- to High-Risk Prostate Cancer," *Cancer Research*, 63 (November 1, 2003): 7497–7506.

23. McKie, "By Human Design: Children of the Revolution."

24. James Watson, address to the Commonwealth Club of San Francisco, October 9, 2003.

Chapter 10

1. Francis Galton, "Eugenics: Its Definition, Scope, and Aims," *The American Journal of Sociology* Vol. X, No. 1 (July 1904).

2. Edwin Black, *War Against the Weak*. (London: Four Walls Eight Windows, September 2003), p. xvi.

3. Daniel J. Kevles, "Eugenics, the Genome, and Human Rights," *The Genomic Revolution*, eds. Rob DeSalle and Michael Yudell (Washington D.C.: Joseph Henry Press, 2002), pp. 147–154.

4. Kristen Philipkoski, "Blaming the 'Defective' People," *Wired* News, March 26, 2001. www.wired.com/news/technology/0,1282,42567,00.html.

5. Steve Irsay, "Cold Hits Versus Civil Liberties: The Looming Debate Over Privacy and DNA Databases," *CourtTV.com*, April 24, 2003; available at http://www.courttv.com/news/forensics/ dna_anniv/databases.html.

6. Interview with Troy Duster, January 25, 2004.

7. Interview with Philip Bereano, January 28, 2004.

8. Written statement of J. Craig Venter, on behalf of the Biotechnology Industry Organization (BIO) before the subcommittee on consumer protection, U.S. House Committee on Energy and Commerce, July 11, 2001.

9. Bob Calandra, "Genetic Testing: Consumers Fear It Will Be Used to Deny Coverage and Raise Premiums," *Risk & Insurance* (April 14, 2003).

10. Interview with Philip Bereano, January 28, 2004.

11. Diane Martindale, "Pink Slip in Your Genes," *Scientific American* (January 2001).

12. Interview with Helen Wallace, January 26, 2004.

13. Ibid.

14. David Rothman and Sheila Rothman, "Redesigning the Self: The Promise and Perils of Genetic Enhancement," *The Genomic Revolution*, eds. Rob DeSalle and Michael Yudell (Washington D.C.: Joseph Henry Press, 2002), pp. 155–164.

15. Kathi E. Hanna, "Summing Up: Finding Our Way Through the Revolution," *The Genomic Revolution*, Rob DeSalle and Michael Yudell, eds. (Washington D.C.: Joseph Henry Press, 2002), pp. 199–208.

16. Interview with Paul Bereano, January 28, 2004.

معجم إنجليزى عربى(*)

*- Achandroplasia

الودانة : نوع من تقزم وراثى ناتج عن نمو غير طبيعى للغضاريف فى نهاية العظام الطويلة، مما ينتج عنه قصر الأطراف والتقزم .

- Acquired mutations

طفرات مكتسبة : تغيرات فى الجينات لم تورث وتتراكم فى أثناء حياة الفرد، وتسمى أيضا طفرات جسدية .

- Active site

موقع نشط : جزء من أحد البروتينات؛ حيث يحدث تفاعل كيميائى ، يكون عادة بواسطة تفاعل مع إنزيم أو جسم مضاد، ويجب أن يبقى هذا الموقع فى شكل معين ثلاثى الأبعاد حتى يقوم البروتين بوظيفته . وعلى سبيل المثال، فإن الموقع النشط لأحد الإنزيمات هو النقطة الفيزيقية التى يترابط عندها مع المادة الخاضعة للتفاعل .

(*) معجم المصطلحات الأصلى فى الكتاب (إنجليزى/ إنجليزى) قصد به أن يكون فقط لمصطلحات علم الوراثة، وبعض هذه المصطلحات لم ترد فى نص الكتاب ، ويبدو أن المؤلفة أوردتها فى المعجم لمن يريد قراءة مزيد عن الوراثة . والمصطلحات والمفردات التى تسبقها علامة* هى ما أضافه المترجم للمعجم الأصلى، أو هى ما ورد فى المعجم الأصلى وأضاف له المترجم مزيدا من الشرح . (المترجم)

- Acquired immunodeficiency syndrome

متلازمة النقص المكتسب للمناعة (الايدز) : حالة مرضية ، ناتجة عن العدوى بفيروس يؤدى لنقص مناعة الجسم ، بحيث يصبح من السهل جدا أن يعانى المريض من أى عدوى بالجراثيم ، كالسل مثلا، وكثيرا ما يطلق على هذه الحالة تسمية خطأ بأنها نقص المناعة المكتسبة ، فى حين أن المكتسب هو النقص وليس المناعة .

*- Acute myelogenous leukemia

الليوكيميا النخاعية (النقوية) الحادة : مرض خبيث فى نخاع العظام يؤدى إلى ابيضاض دموى أو سرطان كرات الدم البيضاء .

- Adenine (A)

أدنين (أ) : إحديى أربع قواعد فى حمض دنا ، يقترن دائما مع الثيمين (ث)، و(فى حالة جزئ رنا يقترن الأدنين بدلا من ذلك مع اليوارسيل الذى يحل مكان الثيمين).

- Adenosine triphosphate (ATP)

الفوسفات الثلاثى للأدينوزين : جزئ الطاقة بالخلايا ، وهو جزئ يتكون أساسا فى الميتوكوندريا والكلوروبلاستات ، وهو يدفع الكثير من التفاعلات المهمة فى الخلية.

- Adenovirus

الفيروس الغددى : فيروس يسبب نزلة البرد العادية ، وأنواع أخرى من العدوى فى الجهاز التنفسى ، والتهاب ملتحمة العين ، وغير ذلك من الأمراض .

*- Adult polycystic kidney

مرض تعدد الأكياس فى كلى البالغين : حالة وراثية تؤدى إلى فشل الكلى ومرض الكبد.

- Affected relative pair

تأثر وراثى فى قريبين : قريبان بالدم يتأثر كل منهما بالصفة الوراثية نفسها، وهناك مثلا تأثر وراثى فى شقيقين ، أو ابنى (بنتى) عم أو خال ، أو تأثر ابن (ابنة) الأخ والأخت مع العم أو الخال.

- Agonist

المندمجة : جزيئات بروتين صغيرة ترتبط مع بروتينات المستقبلات ، ويسبب ذلك إحداث تغير فى نشاط الخلية .

- Ala

ألا : اختصار لكلمة الأنين : أحد الأحماض الأمينية التى تشكل لبنات بناء البروتين.(انظر حمض أمينى) .

- Albino

الأمهق : مظهر وراثى يكون فيه بياض للكائن لنقص المادة الملونة للأنسجة، وينتج عن طفر فى الجين الذى يشفر للإنزيم الخاص بتكوين الصبغة الملونة .

*- Algorithm

خوارزم : مجموعة خطوات أو تعليمات تتبع الواحدة تلو الأخرى للتوصل تدريجيا إلى حل إحدى المسائل أو المشكلات، والكلمة أصلا نسبة للخوارزمى (٧٨٠ –٨٥٠م) العالم العربى الذى وضع علم الجبر .

- Alleles

أليلات : الأليل شكل مغاير للجين نفسه، والأشكال المختلفة لأحد الجينات تسبب تباين فى الخواص الوراثية مثل لون العين .

- Allele frequency

تكرار الأليل : مقياس لمدى شيوع الأليل فى إحدى العشائر السكانية ، ويسمى أيضا تكرار الجين .

*- Alzheimer's disease

مرض الزهايمر : مرض عصبى ينتج عنه تزايد تدريجى للعته وفقدان الذاكرة ، ويكثر وقوعه مع تقدم السن .

- Amino acid

حمض أمينى : وحدة البناء الأساسية للبروتينات، وهناك عشرون جزئيا لأحماض أمينية تشكل كل البروتينات الموجودة فى الكائنات الحية .

*- Amniocentesis

بذل النخط ، بذل السائل الأمنيوسى : تكنيك يُستخدم للحصول على خلايا أى من الجنين أو المضغة، وهما فى الرحم لإجراء اختبار للتركيب الوراثى .

*- Amniotic fluid

السائل الأمنيوسى ، النخط : سائل داخل الغلاف السلى المغلف للجنين يكون الجنين معلقا فيه داخل الرحم ، وتوجد فيه بعض خلايا قد انفصلت عن الجنين ، ويبذل السائل للحصول على هذه الخلايا واختبارها وراثيا .

- Amplification of DNA

تكثير دنا : إنتاج نسخ كثيرة لدنا تُنسخ من عينة واحدة أو عينات قليلة ، الإجراء النمطى لذلك يكون باستخدام دورات متكررة من التسخين ثم التبريد ثم التعريض لمفعول إنزيم مقاوم للحرارة يستقى من البكتريا .

*- Amyotrophic lateral sclerosis

ضمور التصلب الوحشى ، مرض لوجيريج : مرض وراثى يؤدى إلى تحلل متزايد وتليف فى أعصاب الحركة مع ضمور العضلا ت وفقدان تدريجى للوظائف الحركية ، فيؤدى إلى الشلل ثم الموت، ويسمى المرض أيضا بمرض العصبة الحركية .

- Anemia

أنيميا ، فقر الدم : مرض ينتج عنه نقص فى عدد خلايا الدم الحمراء ، مما يؤدى إلى قلة الأوكسجين الذى تحمله هذه الخلايا إلى أنسجة الجسم وأعضائه. تتضمن أعراض الأنيميا سرعة التعب ، وتسارع نبض القلب ، وقصر النفس ، والبلبلة ، والإغماء .

*- Angiogenesis

تكوين الأوعية الدموية : العملية التى يستخدمها الجسد ليكوّن وينمى أوعية دموية جديدة، وأورام السرطان تكون مصحوبة بتكوين أوعية جديدة لتغذيتها بالدم .

(انظر، vascular endothelial growth factor).

- Animal model

الحيوان الأنموذج : انظر Model organisms

- Antagonists

كابتات : المواد الكابتة جزيئات ترتبط مع موقع مستقبل البروتين وتكبت وظيفة البروتين الذى ترتبط به . (انظر أيضا Agonist).

- Antibiotic

مضاد حيوى : مادة لها القدرة على تدمير أو كبت نمو الكائنات الدقيقة .

- Antibody

جسم مضاد : عنصر بجهاز المناعة بالجسم يتكون من بروتين فى شكل حرف واى الإنجليزى (Y) وينتجه جهاز المناعة كرد فعل لوجود مادة أجنبية (أنتيجين) مثل أحد السموم أو إحدى خلايا البكتريا، ويتعرف كل جسم مضاد على أنتيجين خاص ويرتبط معه .

- Antigen

أنتيجين ، مستضد : أى مادة أجنبية يحدث عندما تدخل إلى الجسم أن تجعل الجهاز المناعى ينتج جسما مضادا .

- Anti-oncogene

جين مضاد للورم : جين يمنع نمو الورم الخبيث، وعندما يحدث نقص لهذا الجين بسبب الطفر ينتج عن ذلك ورم خبيث . (مثال ذلك سرطان خلايا الأرومة "البدائية" للشبكية).

- Antisense RNA

رنا المعنى المضاد : ناتج لرنا ينظم الجينات باقتران القواعد فى أزواج مع أزواج متوافقة من رنا وبهذا فإنه يلغى مفعوله .

- Apoptosis

الموت المبرمج للخلية : ميكانزم للتدمير الذاتى للخلية، وتموت الخلية بالهضم الذاتى، فتتحلل دون أن تنفجر أو دون أن تنسكب محتوياتها فى الأنسجة المحيطة بها، ولولا ما يحدث طبيعيا من الموت المبرمج للخلية لاستطاعت الخلية أن تنمو بلا تحكم مسببة السرطان .

- Arg

أرج : الاختصار الشائع للأرجنين ، أحد الأحماض الأمينية العشرين التى تعمل كلبنات بناء للبروتين . (انظر Amino acid).

- Asexual reproduction

تكاثر لاجنسى : تكوين نسل بواسطة الاستنساخ ، أو التبرعم ، أو الوسائل الأخرى التى لا تتضمن اتحاد المادة الوراثية الآتية من فردين اثنين .

- Asn

أسن : الاختصار الشائع للأسباراجين، أحد الأحماض الأمينية (انظر amino acid) .

- ASP

أسب : الاختصار الشائع للأسبارتيت ، أحد الأحماض الأمينية (انظر amino acid).

- Assay

تقدير ، تقييم : عملية اختبار عينة لمادة كيميائية لمعرفة ما إذا كان هناك نشاط ضد هدف محدد أو استجابة خلوية محددة .

*-Ataxia - telangiectasia

رنح تمدد الشعيرات : مرض يتضمن فقدان التحكم فى العضلات واحمرار فى الجلد، وينتج عن تلف دنا بواسطة الإشعاع ، مع تمدد فى الشعيرات الدموية ورنح أو تخلج أى العجز عن تنسيق الحركات العضلية الإرادية .

- Atom

ذرة : أصغر مكون (عادى) لأحد العناصر يظل يحتفظ بكل خواص العنصر .

- ATP

إى تى بى : مخصورة الكلمات الإنجليزية لثلاثى فوسفات الأدينوزين ؛ جزئ الطاقة فى الخلية ، ويتكوّن أساسا فى الميتوكوندريا والكلوروبلاستات ؛ الطاقة الناتجة عن تحلل إى تى بى تدفع الكثير من التفاعلات المهمة فى الخلية .

- Autonomous replication sequence

تتابع التضاعف التلقائى : قطاع من جزئ دنا ضرورى لبدء تضاعفه .

- Autosomal dominant

جين جسدى سائد : جين على أحد الكروموسومات اللاجنسية ، يتم التعبير عنه دائما، حتى عند وجود نسخة واحدة منه، واحتمال أن يمرر أحد الأشخاص هذا الجين إلى طفله هو من ٥٠ فى المائة، ومرض كوريا هنتنجتون هو أحد أمثلة أمراض الجين الجسدى السائد .

- Autosome

أتوسوم ، كروموسوم جسدى : أىّ كروموسوم فيما عدا كروموسومى واى وإكس اللذين يحددان الجنس، ويوجد فى الخلية البشرية اثنان وعشرون زوجا من الأوتوسومات تعرف بالمجموعة الأتوسومية .

- Avuncular relationship

قرابة العمومة والخئولة : القرابة الوراثية بين العم (العمة) والخال (الخالة) من جهة وأبناء (بنات) الأخ والأخت من الجهة الأخرى .

- B cells

خلايا ب : الخلايا الموجودة فى أعضاء كثيرة وتصنع الأجسام المضادة .

- Bacterium

خلية بكتريا : كائن حى وحيد الخلية هو أكثر أشكال الحياة تنوعا على وجه الأرض، وتوجد خلايا البكتريا فى كل مثوى بيئى يمكن تصوره ، وقد تكون مفيدة أو ضارة . والبكتريا لها دورها فى البيوتكنولوجيا فى نطاق واسع من التجارب والعمليات .

- Bacterial artificial chromosome (BAC)

الكروموسوم الاصطناعى للبكتريا : ميكانزم للنقل ، أو ناقل ، يستخدم فى استنساخ شدف دنا (انظر Vector).

- Bacteriophage

بكتريوفاج : فيروس يستهدف أساسا البكتريا ليصيبها بعدواه .

*- Barby doll

دمية باربى : اسم دمية "عروسة" واسعة الانتشار فى الولايات المتحدة وتسوق عالميًا.

- Base

قاعدة : أى من أربع وحدات جزيئية تعرف بالنيوكليوتيدات وموجودة فى دنا، وهذه القواعد هى: أدنين (أ) ، وسيتوزين (س) ، وجوانين (ج) ، وثيمين (ث) .

- Base pairs

أزواج القواعد : قاعدتان ترتبطان معا بروابط كيميائية، تكوّن درجات السلم المتنقل الذى يتخذ دنا شكله، ويكون الأدنين مقرونا دائما بالثيمين ؛ ويكون السيتوزين مقترنا دائما بالجوانين (انظر Base)، ويوجد فى الجينوم البشرى ما يقرب من ستة بلايين من القواعد .

- Base sequence

تتابع (تسلسل) القواعد : ترتيب القواعد بطول خيط دنا ، وهذا الترتيب يحدد بنية البروتين .

- Base sequence analysis

تحليل تتابع القواعد : طريقة مؤتمتة لتحديد تتابع القواعد فى أحد الجينات (أو فى الجينوم) .

- Behavioral genetics

الوراثيات السلوكية : دراسة طريقة تأثير الجينات فى السلوك .

- Biallelic markers

واسمات الأليلات الثنائية : واسمات دنا الموجودة فقط فى شكلين فى إحدى العشائر.

*- Big science

مشاريع العلم الكبير : مشاريع علمية ضخمة تكلف بلايين الدولارات، زاد عددها فى أثناء الحرب الباردة حتى تتفوق الولايات المتحدة على الاتحاد السوفييتى، ومن أمثلتها مشروعات غزو الفضاء ، وحرب النجوم ، والجينوم البشرى .

*- Blueprint

طبعة التصميم الزرقاء : تصميم هندسى يرسم على ورق أزرق خاص ويستخدم لتنفيذ المشروعات مثل تنفيذ معمار أو ماكينة .

- Bioassay

التقييم الحيوى : قياس تأثير أحد العقاقير فى الحيوانات ، أو الأنسجة أو غير ذلك من الكائنات الحية وكيف يقارن هذا التأثير مع مستحضر قياسى .

- Biochip

رقيقة حيوية : أداة إلكترونية (مثلا ، شبه الموصل) بها شبكة تحمل جزيئات عضوية.

- Bioinformatics

المعلوماتية الحيوية : علم لدنا لبناء وحشد الأدوات التى تساعد الباحثين فى بناء تجارب أفضل . وعلى سبيل المثال فإن تطبيق المعلوماتية الحيوية فى مشروعات الجينوم يتضمن طرائق أسرع لتحديد تتابع قواعد دنا والبحث فى قاعدة البيانات من أجل أن نحصل من البيانات على تنبؤات أفضل عن تتابع البروتين وبنيته، والمعلوماتية الحيوية تتضمن أيضا تكنيكات للكمبيوتر مثل النمذجة بالأبعاد الثلاثية .

Biomarker

واسمة حيوية : أى جزئ بيولوجى قابل للاكتشاف ويستطيع العلماء على نحو ثابت الربط بينه وبين حالة بيولوجية – كحالة أحد الأمراض مثلا .

- Biotechnology

التكنولوجيا الحيوية ، البيوتكنولوجيا : العلم التطبيقى للأبحاث البيولوجية من أجل اكتشاف أدوية ، ووسائل وأجهزة تشخيص طبى ، وتكنيكات لتحسين المحصول وصحة الحيوان .

- Birth defect

عيب ولادى ، عيب خَلقى : صفة ضارة بيوكيميائية أو فيزيائية توجد عند الولادة وكثيرا ما تكون نتيجة طفرة وراثية (انظر أيضاً congenital mutation).

- Blast

بلاست : برنامج كمبيوتر صمم لتعيين الجينات المتماثلة (المتشابكة) فى الكائنات الحية المختلفة مثل الإنسان ، وذبابة الفاكهة ، والدودة المستديرة .

Bone marrow transplantation

زرع النخاع : نقل نخاع العظام من أحد الأشخاص لمريض ، والنخاع هو النسيج الذى ينتج خلايا الدم فى تجاويف العظام .

BRCA 1, 2

بركا (١) و (٢) : جين يعمل طبيعيا على تقييد نمو الخلية .

BRCA 1, 2 breast cancer susceptibility genes

جينات بركا (١) ، (٢) للاستهداف لسرطان الثدى : نسخة طافرة لبركا (١) و(٢) تجعل المرأة مستهدفة للإصابة بسرطان الثدى .

*- Bubble boy

صبى الفقاعة : الأطفال المصابون بمتلازمة النقص الخلقى للمناعة قد يعالجون بعزلهم فى خيمة أو فقاعة من بلاستك شفاف، وقد تم تعقيم الهواء بكل داخلها حتى لا تصل الجراثيم لهؤلاء الأطفال فتصيبهم بعدوى فاتكة نظرا لعجزجهازهم المناعى، والمصطلح مأخوذ عن عنوان فيلم سينمائى أنتج عن هذه الحالة .

- Cancer

السرطان : فئة من الأمراض حيث توجد خلايا شاذة تنقسم وتنمو بلا تحكم، وبعض أنواع السرطان تنتشر خارج موضعها الأصلى إلى أجزاء أخرى فى الجسم، وإذا تركت حالات السرطان دون كبح فإن معظمها يكون مميتا.

(انظر أيضا hereditary cancer ; sporadic cancer).

- Candidate gene

الجين المرشح : جين يقع على أحد الكروموسومات، ويظن الباحثون أنه يمكن أن يكون له دور فى مرض معين . (انظر positional cloning).

- Carcinogen

مسرطن : مادة أو عامل بيئى يسبب تغيرات فى دنا الخلية ، ينتج عنها السرطان .

*- Carpel tunnel syndrome

متلازمة نفق الرسغ : مرض يحدث فيه إحساس بالألم والخدر فى أصابع اليد نتيجة وجود ضغط على عصب يمر خلال النفق الرسغى الموجود بين عظام الرسغ وأوتار العضلات .

*- Carrier (hereditary)

حامل مرض (وراثى) : شخص لديه جين طافر متنحى مقترن فى زوج مع نسخته الطبيعية (أليل). حاملو المرض لا يعانون عادة من المرض الذى يحملونه ، ولكنهم يمكنهم تمريره إلى أطفالهم ، وقد يظهر المرض فى الأطفال إذا وصل لهم جينان متنحيان ، واحد من كل من الأب والأم الحاملين للمرض .

- Carrier testing

اختبار الحامل : اختبار لتعيين الأفراد الذين قد يكونوا حاملين لجينات أمراض متنحية، ويستهدف اختبار الحامل أفرادا سليمين صحيا – كمن يُتوقع أن يكونوا مثلا آباء – وليس لديهم أعراض للمرض، ولكنهم يحتاجون لمعرفة ما إذا كان لديهم جينات متنحية تجعل مستقبل أطفالهم فى خطر .

*- Cell

الخلية : الوحدة الأساسية لأى شىء حى ؛ وهى حجيرة مائية دقيقة الحجم ، تحوى نواة ومحاطة بغشاء دهنى، ونواتها فيها كروموسومات أو صبغيات تحمل الجينات أو المورثات، والنواة فى المركز من مادة السيتوبلازم التى تحوى عضيات الخلية مثل جهاز جولجى ، والريبوسومات والميتكوندريا .

*- Cesarian section

العملية القيصرية : جراحة لإتمام الولادة عن طريق شق جراحى فى البطن وليس عن الطريق المعتاد من المهبل ، وتُجرى لأسباب طبية مختلفة سواء بالنسبة إلى الأم أو الوليد.

*- Chemical base

قواعد كيميائية : ومنها الأدنين (أ) والثيمين (ث) ، والسيتوزين (س) والجوانين (ج) ، وهذه أربع قواعد عضوية تشكل وحدات فى بناء الحامض النووى دنا ، وهى بمثابة الحروف الأبجدية للغة الوراثة ، وكل تتابع ثلاثى منها يسمى كودون ، ويرمز لأحد الأحماض الأمينية . (انظر أيضا base ; base pairs) .

- Chemotherapy

علاج كيميائى : استخدام مواد كيميائية سامة لتسميم خلايا السرطان لمعالجة هذا المرض، وتتخذ مادة العلاج الكيماوى هدفًا لها من الخلايا التى تتناسخ سريعا كما يحدث نمطيا فى السرطان .

- Chromosomal deletion

حذف كروموسومى : فقدان جزء من دنا على أحد الكروموسومات .

- Chromosomal inversion

مقلوب الكروموسوم : قطاعات من الكروموسوم تنعطف فى ١٨٠ درجة، ويصبح تتابع الجين فى هذا القطاع مقلوبًا بالمقارنة للتتابعات الجينة فى باقى الكروموسوم .

- Chromosome

الكروموسوم : بنية مركبة داخل نواة الخلية ، وتقع عليه الجينات، وتكون الكروموسومات فى أزواج، وتحوى الخلية الطبيعية ٢٣ زوجا - اثنان وعشرون زوجا من الكروموسومات الجسدية (الأوتوسومات) وزوج واحد من كروموسومى الجنس هو إما إكس وإكس أو إكس واحدة وواى واحدة .

- Chromosome region p

منطقة بى فى الكروموسوم : مصطلح يشير إلى الذراع القصير للكروموسوم .

*- Clade

تفرع : مجموعة من الأفراد ، أو الخصائص ، أو تتابعات دنا من الواضح أن هناك علاقة فيما بينها الواحد (أو الواحدة) بالأخرى، ويستخدم المصطلح أصلا فى التصنيفات التاكسونومية؛ ليشير إلى مجموعة كائنات حية تطورت عن سلف واحد وتتشارك فى خصائص تميز المجموعة عن غيرها من المجموعات .

- Clinical trial

تجربة إكلنيكية : دراسة علمية تسمح للباحثين بإجراء تجربة علاجية بطرائق لم تسمح بها بعد إدارة الغذاء والدواء ، فيجربون أدوية وعلاجات على الحيوانات وأفراد من البشر؛ المرحلة الأولى (I) من التجربة الإكلينكية تدرس تأثير دواء جديد على البشر. المرحلة الثانية (II) من التجربة تدرس مدى أمان الدواء ، وكفاءته ، وآثاره الجانبية . المرحلة الثالثة (III) تقارن الدواء الجديد بالعلاجات الموجودة من قبل للمرض نفسه أو الحالة نفسها . تجارب المرحلة الرابعة (IV) تختبر دواء تم بالفعل الموافقة عليه ولكنها تختبره بالنسبة إلى استخدامات جديدة أو لعشائر جديدة من المرضى.

- Clone

نسيخ ، نسيل (نسيلة) : مجموعة متطابقة من الجينات ، أو الخلايا ، أو الكائنات الحية، مستقاة من عينة أصلية واحدة .

*- Cloning

استنساخ ، استنسال : عملية صنع نسخ متطابقة وراثيا، وعملية استنساخ تتابعات متطابقة من أزواج القواعد ؛ وقد استخدمها الباحثون فى "مشروع الجينوم البشرى"،

ويشار لها بأنها استنساخ لدنا، ومجموعات جزيئات دنا النسيخة (أى المنسوخة) تسمى مكتبات النسائخ، وهناك نوع آخر من الاستنساخ يستفيد من عملية الانقسام الطبيعى للخلية لصنع نسخ كثيرة للخلية بأكملها، والتركيب الوراثى لهذه الخلايا النسيخة ، التى تسمى بأنها خط خلايا ، يكون متطابقا مع التركيب الوراثى للخلية الأصلية، أما النوع الثالث من الاستساخ فينتج عنه حيوانات كاملة متطابقة وراثيا مع مانح دنا - مثل دوللى النعجة الإسكتلندية الشهيرة . المعجم العربى الموحد (إشراف مجلس وزراة الصحة العرب ، وهيئات أخرى) يترجم كلمة Cloning بالاستنسال ، ولعلها الأفضل لأن لها صلة بكلمة النسل، وإلا أن كلمة استتنساخ هى الأكثر شيوعا بعد أن استخدمتها وسائل الإعلام . (انظر Transcription) .

Codon

كودون : قطاع من دنا طوله ثلاث قواعد ويقوم بدور "الكلمات" فى لغة دنا، وكل كودون من ثلاث قواعد يرمز لأحد الأحماض الأمينية، وهناك عشرون حمضا أمينيا تتشكل منها كل بروتينات الجسم البشرى .

Comparative genomics

الجينوميات المقارنة : دراسة الوراثيات البشرية بالمقارنة بين كائنات حية نموذجية مثل: ذبابة الفاكهة ونبات الخردل ، وبكتريا إ. كولاى ، والفأر ، والإنسان .

- Complementary DNA (cDNA)

دنا التكميلى : خيط دنا المنفرد الذى يتم تركيبه باستخدام عينة من رنا الرسول .

- Complementary sequence

تتابع تكميلى : تتابع من قواعد دنا ، يحدث أنه بناء على مبادئ اقتران أزواج القواعد يشكل أوتوماتيكيا تركيبا من خيطين اثنين من زوجين أحدهما هو تتابع قواعد الخيط

الثانى من دنا، ومبادئ اقتران الأزواج بسيطة : فالقاعدة (أ) تقترن دائما فى زوج مع (ث) ؛ و (س) دائما مع (ج) . وعلى سبيل المثال، فإن التتابع التكميلى لخيط من ج س ث أ سيكون س ج أ ث .

- Complete response

استجابة كاملة : الاختفاء الكامل لورم كنتيجة لعلاجه .

- Complex trait (hereditary)

صفة مركّبة (وراثية) : صفة وراثية أو خلل وراثى ، ولكنها لا تتبع اتباعا صارما قوانين مندل الوراثية، ومن المرجح أن الصفات المركبة تتضمن تفاعلات بين جينين أو أكثر ، أو تفاعلات للجينات مع البيئة (انظر Mendelian inheritance).

- Congenital

خلقى ، ولادى : صفة موجودة عند الولادة ، بصرف النظر عما إذا كانت بسبب وراثى أو بيئى (انظر أيضا . birth defect)

*- Congenital adrenal hyperplasia

فرط التكثّر النسيجى فى الكظرية : مرض وراثى يصحبه فقدان الإحساس فى نهايات الأطراف والأعضاء التناسلية وتخنث ذكورى كاذب .

- Conserved sequence

تتابع مُحافظ عليه : تتابع لقواعد دنا ظل محفوظا خلال كل التطور دون أى تغيير عملى، ويمكن استخدام هذا المصطلح أيضا بالنسبة لما يُحافظ عليه من تتابعات للأحماض الأمينية .

- Constitutive ablation

استئصال متأصل : أى تعبير جينى ينتج عنه موت إحدى الخلايا .

- Crossing over

عبور متبادل ، يعرف أيضا بإعادة التوليف : ظاهرة تحدث أحيانا فى أثناء تكوين خلايا البويضة والحيوانات المنوية ، عندما يتكسر كروموسومان مقترنان فى زوج (أحدهما من الأم والآخر من الأب) ويتبادلان مقاطع منهما أحدهما مع الآخر .

*- Cystic fibrosis

التليف الكيسي : مرض وراثى يصيب الغدد ذات الإفراز الخارجي ويتميز بإفراز مخاط لزج خاصة فى الرئة والبنكرياس فيسد المسالك فيهما ، فتسهل إصابة الرئة بعدوى مزمنة ، ويعجز المريض عن امتصاص العناصر الغذائية من طعامه .

*-Cytogenetics

وراثيات الخلية : دراسة دور الخلايا فى إحداث ظواهر الوراثة والتطور ؛ دراسة المكونات الخلوية المرتبطة بالوراثة ، كالطريقة التى تظهر بها الكروموسومات فيزيقيا. (انظر karyotype).

- Cytokine

سيتوكين ، حافز الانقسام الخلوى : أى مادة كيميائية تقدح زناد انقسام الخلية.

- Cytological band

شريط خلوى : منطقة من الكروموسوم تبدو عند صبغها بلون مختلف عن المناطق المحيطة بها .

- Cytoplasm

سيتوبلازم : المادة الخلوية خارج النواة ، وتكون عضيات الخلية معلقة فيها مثل الميتوكوندريا والريبوسومات .

- Cytoplasmic trait

صفة سيتوبلازمية : خاصة حيث يكون موقع الجينات خارج النواة – فى الكلوروبلاستات أو الميتكوندريا، وينتج فى هذه الخاصة فى الإنسان أن جينات الميتوكوندريا تنحدر من الأم فقط .

- Cytosine (C)

سيتوزين (س) : إحدى قواعد دنا الأربع ، تقترن دائما فى زوج مع الجوانين (ج).

*- Daedalos

ديدالوس : شخصية فى الأساطير الإغريقية ابتكرت اختراعات كثيرة مثل اللابرنت أو قصر التيه والطيران بجناح مثبت بشمع للظهر ، وكأن ديدالوس يرمز للعلم والتكنولوجيا فى هذه الأساطير .

*- Defibrillator

مزيل الرجفان : جهاز لإيقاف رجفان القلب باستخدام صدمات كهربائية، والرجفان اضطراب فى نظام انقباض عضلة القلب ونبضه .

- Deletion

حذف : فقدان جزء من دنا من أحد الكروموسومات ، وهذا فيه إمكان لأن يؤدى إلى أوجه شذوذ أو مرض (انظر أيضا chromosom ; mutation).

- Deletion map

خريطة الحذف : وصف لكروموسوم معين يستخدم محذوفات محددة كواسمات تدل على مناطق معينة .

*-Dementia

عته ، خبل : تدهور شديد فى الوظائف العقلية ، كالذاكرة والتركيز وقدرة التمييز والحكم مع اضطراب نفسى وتغير فى الشخصية .

*- Demography

الديموجرافيا، عِلم دراسة السكان إحصائيًا من حيث الحجم والكثافة والتوزيع والنمو والصحة والزواج ... والإحصاءات الحيوية عمومًا .

Deoxyribonucleic acid –

حامض دى أوكسى ريبونيوكليك (انظر DNA).

- Deoxyribose

نوع من السكر يكوِّن جزءا من دنا .

*- Diabetes

السكرى : مرض يعجز فيه الجسم عن استخدام سكر الجلوكوز وهو مصدر الطاقة الرئيسى فى الإنسان ، وينتج عن ذلك ارتفاع مستوى الجلوكوز فى الدم مع أعراض أخرى شديدة الضرر، والسكرى نوعان أحدهما طفولى أى يصيب الأطفال والآخر يصيب البالغين ، ويختلف النوعان فى أسبابهما وعلاجهما .

- Diploid

ثنائى الكروموسومات ، ثنائى الصبغيات : وجود المجموعة الكاملة لكل أزواج الكروموسومات فى المادة الوراثية للكائن الحى؛ فخلايا الحيوان كلها تحوى مجموعة كاملة من الكروموسومات الثنائية وذلك فيما عدا الخلايا الجنسية (الجاميتات أو الأمشاج)، والجينوم البشرى الثنائى يحوى أربعة وستين كروموسوما مجمعة فى ثلاثة وعشرين زوجا . (انظر haploid).

- Disease - associated genes

جينات تصاحبها أمراض : هناك تتابعات معينة من دنا يصحبها وجود مرض أو احتمال كبير للمرض .

- DNA

دنا : مخصورة الكلمات الإنجليزية للحمض النووى دى أوكسى ريبونيوكلييك، وهو مادة الوراثة الموجودة فى نواة خلايا الكائنات الحية كلها تقريبا، ويتخذ هذا الجزئ الكبير شكل لولب مزدوج ، ويحمل المعلومات الوراثية التى تحتاجها الخلايا للتضاعف ولإنتاج البروتينات التى تحكم كل عمليات الحياة .

- DNA bank

بنك دنا : خدمة تجارية؛ حيث يُختزن دنا المأخوذ فى عينات دم أو عينات أنسجة أخرى.

- DNA ligase

إنزيم ليجيز دنا : إنزيم مسئول عن "لصق" أو توصيل أطراف مقاطع دنا (التى تكون عادة من خيطين مزدوجين) لتشكل سلسلة من دنا .

- DNA marker

واسمة دنا : تتابعات فريدة لدنا يستخدمها الباحثون؛ لتمييز أو متابعة مسار أحد الجينات، أو الكروموسومات ، أو خط سلالة لدنا .

- DNA probe

مسبر دنا ، مجس دنا . (انظر probe).

- DNA repair genes

جينات ترميم دنا : جينات تشفر لبروتينات تصحح الأخطاء فى تتابعات دنا ، وإذا حدث فيها تغير فإنها تسمح بتكدس الطفرات فى دنا .

- DNA replication

مضاعفة (نسخ) دنا : استخدام دنا الموجود من قبل كقالب لتشكيل خيوط جديدة من دنا، وتنجح هذه العملية بسبب الطريقة التى تتوافق بها القواعد فى دنا – (أ) دائما

مع (ث) ، و(س) دائما مع (ج)، وبالتالى فإن الخيط الذى يكون مكونا من أ س ث ج يرتبط دائما بالخيط الذى يتوافق معه ، أى خيط من ث ج أ س .

- DNA sequencing

تحديد تتابع دنا ، سلسلة دنا : تحديد الترتيب المضبوط لأزواج القواعد فى قطاع من دنا ، ويتم ذلك عادة بوسائل مؤتمتة .

- Domain

مجال عمل ، ميدان عمل : جزء من أحد البروتينات مع وظيفته الخاصة به، ومجموع المجالات العديدة لأحد البروتينات يحدد وظيفته العامة .

- Dominant allele

أليل سائد : طفرة يتم التعبير عنها حتى إذا كان الجين المناظر على الكروموسوم الآخر طبيعيا، والطفرة الوحيدة على الأليل السائد تكون مسئولة عن أمراض الأوتوسومات السائدة ، مثل مرض هنتنجتون . (انظر أيضا recessive allele).

- Double helix

اللولب المزدوج : شكل يذكّر بسلم متنقل ملتوى أو سلم ملتوى ثابت فى بناء، ويتخذ جزئ دنا هذا الشكل ، ويشكل خطًا خيطيه المتدين جانبى السلم، بينما تشكل كل قاعدتين متكاملتين مرتبطين معا درجة فى السلم، ويتيح هذا الشكل للخلايا أن تحشر دنا بإحكام فى المنطقة الدقيقة الصغر لنواة الخلية .

- Draft sequence

مسودة التتابع : تتابع دنا الذى أنتجته معا شركة "سيليرا جينومكس" و"مشروع الجينوم البشرى" فى يونيو ٢٠٠٠، وتتضمن هذه المسودة التتابعات والموقع الكروموسومى لما يقرب من ٩٥ فى المائة من الجينات البشرية، ثم نُشر فى أبريل ٢٠٠٢ التتابع النهائى المصحح .

*- Duchenne muscle dystrophy

حثل ديوشين العضلى : مرض وراثى يؤدى إلى ضعف شديد فى عضلات الصبية المصابين ، ويزداد انتشارا مع تقدم العمر، ونتيجة لضعف عضلات الصدر يضعف التنفس وتتكرر إصابة المريض بالالتهابات الرئوية ، ويموت المريض عادة فى العقد الثالث .

*- Dystonia

خلل التوتر العضلى : مرض وراثى يؤدى إلى تصلب عضلى مع تكرر الحركات الالتوائية .

- Efficacy

الفعالية : مدى كفاءة دواء فى علاج أحد الأمراض .

- Electroporation

النفاذ الكهربى : عملية يستخدم فيها تيار عالى الجهد يجعل غشاء الخلية نفاذا بما يسمح بإدخال دنا جديد فيها، ويشيع استخدام هذا التكنيك فى تكنولوجيا دنا المولف أو المهجن.

- Embryo

المضغة : كائن حى فى مرحلة مبكرة من تناميه ، تكون بعد الحمل ، ولكنها قبل تكوّن الأعضاء الرئيسية . (انظر fetus).

- Embryonic stem cells

خلايا الجذع الجنينية : نسخة مبكرة لخلية تستطيع أن تتحول فى الواقع إلى أى نوع من الخلايا ؛ تستطيع هذه الخلية أن تتضاعف إلى مالا نهاية تقريبا وهى مفيدة كمصدر مستمر للخلايا الجديدة .

- Endonuclease (enzyme)

(إنزيم) إندونيوكلييز (انظر restriction enzyme)..

- Enzyme

إنزيم : أى بروتين يساعد على تسهيل تفاعل كيميائى معين ؛ يعمل الإنزيم كحافز أو عامل مساعد، ولكنه لا يؤثر مطلقا فى اتجاه أو نوع التفاعل .

Epistasis –

تداخل : اعتراض أحد الجينات لتعبير جين آخر أو التراكب معه .

*- Escape velocity

سرعة الإفلات : مصطلح عن السرعة اللازمة للصواريخ للإفلات من من أسر الجاذبية الأرضية .

- Escherichia coli

إيشريكيا كولاى ، وتعرف أيضا باسم إ . كولاى : خلية بكتيرية شائعة كثيرا ما تكون محل دراسة علماء الوراثة بسبب صغر حجم جينومها ، وسرعة معدل نموها ، وسهولة الحفاظ عليها فى المعمل .

- Eugenics

علم تحسين النسل : دراسة تحسين أحد أنواع الكائنات الحية بالتربية (الإنسال) الانتقائية، وأسوأ ما ارتبط به هذا العلم سلبيا هو ارتباطه بألمانيا النازية التى طبقت مفهومه بأن عقمت مئات الآلاف من الأفراد ، وانتهى الأمر بقتل الملايين من اليهود والغجر و "غير المرغوب فيهم اجتماعيا" .

- Eukaryote

ذات النواة الحقيقية : أىّ خلية أو كائن يحوى نواة للخلية، ويوصَف هذا المصطلح كل الكائنات الحية على الأرض فيما عدا الفيروسات ، والبكتريا ، والطحالب الزرقاء - المخضرة . (انظر prokaryote).

- Euthansia

القتل الرحيم : قتل كائن حى بطريقة خالية من الألم عندما يعانى من مرض أو ألم عضال لا شفاء منه .

- Evolutionary conserved

محافَظ عليه تطوريا . (انظر conserved sequence).

- Exogenous DNA

دنا خارجى : أىّ دنا فى أحد الكائنات الحية أتى أصلا من دنا كائن حى آخر .

- Exon

إكسون : جزء من دنا فى أحد الجينات التى تشفر لبروتين ، وهذا على خلاف الجينات التى تنظم جينات أخرى أو تؤدى وظائف غير معروفة (انظر أيضًا intron).

- Expressed gene

جين معبر عنه (انظر gene expression).

- Expressed sequence tag (EST)

واسم التتالى المعبَّر عنه : خيط قصير من دنا يستطيع أن يقوم بدور التمييز لأحد الجينات، وتستخدم هذه الواسمات عادة لتحديد موقع الجينات وصنع خريطة لها . (انظر أيضًا Sequence tagged site).

- Ex vivo gene transfer

نقل الجين فى خارج الجسم الحى : نقل المادة الوراثية إلى خلايا فى موقع خارج موقعها الأصلى، ثم يعاد زرع الخلايا بعدها بمادتها الوراثية الجديدة إلى الموقع الأصلى للخلايا ؛ يشيع أيضا الإشارة إلى هذه العملية بأنها الطريقة غير المباشرة للنقل الجينى .

*- Factor V-Leiden

مرض العامل الخامس – ليدن : خلل فى أحد عوامل تجلط الدم .

*- Fallopian tubes

أنابيب فالوب : أنابيب تتلقى البويضة من المبيض لتنقلها إلى الرحم، وتُجرى عمليات لربط هذه الأنابيب بهدف تعقيم المرأة .

- Familial cancer

سرطان عائلى : أن يكون السرطان أو الاستهداف إلى السرطان مما يسرى عائليا .

- Fanconi's anaemia

أنيميا فانكونى : مرض وراثى يسبب فقر دم فى الخلايا الحمراء للدم، وسرطان فى الخلايا البيضاء وتشوهات فى العظام .

- Fetus

جنين : كائن حى فى مرحلة مبكرة من تنامیه ، بعد أن تتكون الأعضاء الرئيسية .

*- Fibrillation (heart)

رجفان (القلب) : اضطراب فى انتظام انقباض عضلة القلب ونبضه .

*- Fluorescence

الفلورية : إثارة مادة بإشعاع جسيمى أو فوتونى فتبعث بإشعاع ضوئى مميز، والمصطلح منسوب إلى مادة الفلور التى اكتشفت فيها الظاهرة لأول مرة، وتستخدم الفلورية فى الطرائق المؤتمتة لتحديد تتابع القواعد فى دنا .

- Food and Drug Adminstration (FDA)

إدارة الغذاء والدواء : إحدى الوكالات الفيدرالية فى الولايات المتحدة ، وهى مسئولة عن تنظيم الكثير من المنتجات الصحية ومنتجات الدواء والغذاء . وعلى سبيل المثال تنظم هذه الوكالة تجارب العلاج الجينى .

- Founder effect

ظاهرة المؤسسين : تغير فى المستودع الجينى لعشيرة مستعمِرة منعكس عن عدد محدود من الأفراد فى عشيرتها الوالدية أى العشيرة الأصل .

- Founding lineage

خط المؤسسين : دنا الموجود فى المؤسسين الأصليين لإحدى العشائر .

*- Ftagiler x chromosome syndrome

متلازمة كروموسوم إكس الهش : حالة وراثية هى السبب الرئيسى لحالات التخلف العقلى الوراثى .

- Functional gene tests

الاختبارات الوظيفية للجينات : تقييم بيوكيميائى لبروتين معين ، يوضح ما تكونه الجينات الموجود والنشطة .

- Functional genomics

الجينوميات الوظيفية : دراسة ما تفعله الجينات ، من أجل تحديد الأدوار التى تلعبها الجينات فى المرض والعمليات البيولوجية الأخرى .

- Gamete

مشج ، جاميت : الخلية التكاثرية الناضجة للذكر أو الأنثى (المنوى أو البويضة)، ولكل خلية منهما مجموعة كروموسومات أحادية (ليست فى أزواج) ، عددها ثلاثة وعشرون فى كل البشر .

*- Gaucher's disease

مرض جوشر : مرض وراثى نادر يتميز بتراكم نوع معين من الدهون فى الكبد والطحال مع تضخمهما ، وتخلخل فى العظام .

- GC - rich area

المنطقة الثرية بقاعدتى ج و س : امتداد طويل من دنا فيه تكرار للكثير من قواعد الجوانين (ج) والسيتوزين (س) ؛ ويدل غالبا على منطقة ثرية بالجينات .

*-Gender

الجنوسية : تصنيف الجنس كذكر أو أنثى .

- Gene

جين : وحدة أساسية فى الوراثة، وتُصنع الجينات من دنا وتقع على الكروموسومات . يقدر عدد الجينات فى الجينوم البشرى بأنه ٣٠٠٠٠ جين توجه إنتاج الجسم للبروتينات.

- Genealogy

علم الأنساب : سرد لانحدار سلالة فرد أو عائلة خلال خط أو أكثر من الأسلاف .

- Gene amplification

تكثير الجين : النسخ المتكرر لقطعة من دنا ؛ وهو أيضا خاصية لخلايا الأورام . (انظر أيضا gene ; oncogene).

- Gene chip technology

تكنولوجيا رقيقة الجين : تكوين مصفوفات ميكروويه من دنا التكميلى باستخدام عدد كبير من الجينات، التى يستطيع الباحثون استخدامها لمتابعة وقياس التغيرات فى تعبير الجين .

- Gene deletion

حذف الجين : فقدان أو غياب أحد الجينات .

- Gene expression

التعبير عن الجين : العملية التى يتم من خلالها ترجمة المعلومات المشفرة فى أحد الجينات إلى بنى توجد فى الخلية وتعمل فيها . (إما بنى لبروتينات أو لجزيئات رنا).

- Gene Family

أسرة جينية : مجموعة جينات بينها علاقات وثيقة وتصنع بروتينات متماثلة.

- Gene mapping

رسم خريطة الجينات ، خرطنة الجينات : بحث لتحديد المواقع النسبية للجينات على أحد الكروموسومات والمسافة فيما بينها .

- Gene makers

واسمات الجينات : علامات يستخدمها الباحثون لتعيين جين مستهدف ، وهى أما أن تكون قطاعات متميزة من دنا أو صفات لذلك الجين يمكن الكشف عنها .

- Gene pool

المستودع الجينى : كل متغيرات الجينات فى أحد أنواع الكائنات . (انظر أيضا allele
; polymorphism).

- Gene prediction

التنبؤ بالجين : الممارسة التى يُستخدم فيها برنامج كمبيوتر للتنبؤ بالجينات المحتملة، وتتأسس على المدى الذى يتوافق به امتداد لتتابعات دنا مع تتابعات جين معروف .

- Gene product

الإنتاج الجينى : المادة البيوكيميائية الناتجة عن التعبير عن أحد الجينات ، وهى دائما إما أن تكون رنا أو بروتين، وكمية إنتاج الجين لها علاقة ارتباط مباشرة بمدى نشاط الجين، وإنتاج كميات شاذة يمكن ان يدل على مرض بسبب طفرات فى الجين .

- Gene testing

الاختبار الجينى : فحص عينة دم أو سائل من الجسم بحثا عن واسمات بيوكيميائية، أو كروموسومية ، أو وراثية تدل على احتمال خطر من مرض وراثى أو على وجود أو غياب المرض الوراثى .

- Gene therapy

العلاج الجينى : علاج مرض بإحلال الجينات الطافرة التى لاتقوم بوظيفتها ، أو تعديلها ، أو إيقاف عملها (تعطيلها) ، أو دعمها .

- Gene transfer

النقل الجينى : إدماج دنا جديد داخل خلايا كائن حى ، ويكون ذلك عادة باستخدام فيروس معدل أو ناقل آخر، والنقل الجينى يستخدم نمطيا فى العلاج الجينى . (انظر أيضا gene therapy ; mutation ; vector).

- Genetic counseling

الاستشارة الوراثية : جزء أساسى فى الاختبار الجينى، الذى يوفر للمرضى والعائلات التثقيف والمعلومات عن الأحوال الوراثية .

- Genetic discrimination

التمييز الوراثى : التعصب ضد من يكون لديهم مرض وراثى فى أثناء حياتهم أو لمن يرجح أن يظهر عليهم ذلك .

- Genetic distance

البعد الوراثى : قياس يبين كيف أن علاقة القرابة بين عشيرتين أو أكثر تأسس على مدى تكرر تشاركهم فى الجينات .

- Genetic drift

الانجراف الجينى : تغيرات فى المستودع الجينى لعشيرة صغيرة نتيجة الصدفة .

- Genetic engineering

الهندسة الوراثية : ممارسة تغيير المادة الوراثية فى الخلايا أو فى الكائنات الحية لمساعدتها على إنتاج مواد جديدة أو أداء وظائف مختلفة .

- Genetic engineering technology

تكنولوجيا الهندسة الوراثية : (انظر recombinant DNA technology).

*- Genetic enhancement

التعزيز الوراثى : استخدام الهندسة الوراثية فى إضفاء صفات مطلوبة على الجنين . قد يستخدم ذلك فى علاج أمراض وراثية أو توقيها ؛ وقد يساء استخدامه فى إنتاج جنين بصفات حسب الطلب .

- Genetic fingerprint

البصمة الوراثية : (انظر genetic profiling).

- Genetic illness

مرض وراثى : ما يحدث وراثيا من خلل وظيفى ، أو مرض ، أو إعاقة فيزيقية .

- Genetic informatics

المعلوماتية الوراثية : (انظر bioinformatics).

- Genetic linkage maps

خرائط الترابط الوراثى : خرائط لدنا تشير إلى المواضع النسبية على الكروموسوم لواسمات الجينات (إما جينات لها صفات معروفة أو تتابعات متميزة لدنا) ، وتتأسس على مدى تكرار توارثها معا .

- Genetic material

المادة الوراثية : (انظر genome).

- Genetic polymorphism

البوليمورفية الوراثية ، تعدد الأشكال وراثيا : اختلافات بين الأفراد أو العشائر فى تتابعات دنا (مثل ذلك وجود جين للأعين الزرقاء إزاء جين للأعين البنية)

- Genetic predisposition

الاستهداف الوراثى (للمرض) : الاستهداف لمرض وراثى . وعلى سبيل المثال عندما يؤدى إجراء اختبار إلى الكشف عن وجود طفر فى جين بركا(٢)، فإن هذا يدل على أن هذه الأنثى أكثر استهدافا لأن تصاب بسرطان الثدى ، ولكن هذا الاستهداف قد لا ينتج عنه أن تصاب فعلا بالمرض .

- Genetic profiling

عمل بروفيل وراثى : تكنيك أبتكر فى ١٩٨٥ لمقارنة عينات دنا ، ويعرف أيضا ببصمة دنا، ويستخدم عادة بواسطة أجهزة الشرطة و الحكومة لتحديد احتمال أن تكون عينة من الدم أو الأنسجة قد أتت من مصدر معين .

- Genetic screening

الفرز الوراثى : اختبار مجموعة من الأفراد لمعرفة أولئك الذين لديهم احتمال كبير من خطر الإصابة بمرض وراثى معين أو تمرير هذا المرض .

- Genetic testing

اختبار وراثى : اختبار المادة الوراثية من أحد الأفراد؛ للكشف عن مدى استهدافه لأمراض وراثية معينة أو لتأكيد تشخيص مرض وراثى .

- Genetics

علم الوراثة ، الوراثيات : دراسة الوراثة ، أو كيف أن الوالدين ينقلون صفات وخصائص لذريتهم .

- Genome

الجينوم : كل المادة الوراثية فى كروموسومات كائن حى معين .

- Genomics

الجينوميات : دراسة الجينات ووظيفتها .

*-Geno type

نمط التركيب الوراثى : الجينات التى يحملها الفرد فعلا . نمط التركيب الوراثى أمر يتميز عن نمط المظهر ، فالمظهر هو الخواص الفيزيائية كما تظهرها الجينات ، وقد يتأثر بالبيئة .

- Germ cells

الخلايا الجرثومية : الحيوان المنوى والبويضة ؛ خلايا التكاثر بالجسم، فالخلايا الجرثومية أحادية الكروموسومات وفيها فقط مجموعة واحدة من الكروموسومات (يصل عدد هذه الكروموسومات كلها إلى ثلاثة وعشرين) ، بينما الخلايا الأخرى كلها يكون فيها نسختان لكل كروموسوم (عددها كلها ستة وأربعون) .

- Germ line

الخط الجرثومى : الاستمرار الخطى لمجموعة من المعلومات الوراثية تنتقل من جيل إلى التالى . (انظر inherit)

- Germ-line therapy

العلاج بالخط الجرثومى : عملية تثير خلافا كبيرا ومازالت إلى الآن عملية تجريبية يتم فيها إيلاج جينات داخل الخلايا الجنسية (المنوى أو البويضة) وذلك من أجل إحداث تغيرات وراثية تتواصل فى الذرية . نظريا ، يمكن استخدام هذه العملية لإيقاف التوارث العائلى لأمراض وراثية . (انظر somatic cell gene therapy)

- Germ-line mutation

طفر الخط الجرثومى : طفرات جينات تُمرَّر بالوراثة إلى الذرية .

- Guanine (G)

جوانين (ج) : إحدى القواعد الأربعة لدنا ويقترن فى زوج مع السيتوزين (س). (انظر أيضا base pairs ; nucleotide).

- Haploid

أحادية الكروموسومات : مجموعة واحدة من كروموسومات غير مقترنة فى أزواج وتوجد فى الحيوانات فى البويضة أو الخلية المنوية ، وتوجد فى النبات فى خلايا

البويضة وحبوب اللقاح . يمكّن هذا من التكاثر ، حيث يحصل السليل على ثلاثة وعشرين كروموسوما من الأم وثلاثة وعشرين كروموسوما آخر من الأب، فالخلايا اللاجنسية فيها مجموعة ثنائية - أى ستة و أربعين كروموسوما فى ثلاثة وعشرين زوجا .

- Haplo type

النمط الموّحد : طريقة لتوصيف تركيب وراثى جموعى لعدد من الجينات على أحد الكروموسومات بينها علاقة ارتباط وثيقة .

- Hemizygous

نصف زيجوتى : حيازة نسخة واحدة فقط من جين معين، ومثل ذلك ما يوجد فى البشر من أن الذكور نصف زيجوتيين بالنسبة إلى الجينات الموجودة على كروموسوم واى.

- Hemophilia

هيموفيليا ، ناعور : مرض يؤثر فى عملية تجلط الدم، ومرضى الهيموفيليا (أ) يكونون عرضة لنزيف داخلى تلقائى غير متحكم فيه يمكن أن يؤدى إلى تقييد الحركة، والألم ، بل وحتى الموت، وينتج المرض عن نقص أو انعدام وجود بروتين يسمى العامل الثامن ، له دوره فى مسار تجلط الدم .

- Hereditary cancer

السرطان الوراثى : طفر فى جين يؤدى إلى السرطان ، ويسرى عائليا . (انظر أيضا sporadic cancer).

- Hereditary hemo chromatosis

الصباغ الدموى الوراثى : مرض فيه فرط لاختزان الحديد فى الجسم يؤدى إلى تلف الكبد ، و العقم ، و السكرى ، وتلون الجلد بلون برونزى .

- Hereditary nonpolyposis colon cancer

سرطان القولون الوراثى دون زوائد سليلية .

Heredity –

الوراثة : الوراثة كما عرّفها أولا جريجور مندل هى العلاقة بين الأجيال المتعاقبة، وهى على نحو أكثر تحددا نقل الخصائص من الوالدين إلى الذرية عن طريق الكروموسومات التى تحمل دنا .

- Hetero zygote

زيجوت لا متجانس ، لاقحة لا متجانسة : كائن حى لديه نسختان مختلفتان من إحدى الأليلات ، كأن يكون أحدهما مثلا للأعين الزرقاء والآخر للبنية .

- Highly conserved sequence

تتابع محافظ عليه بدرجة كبيرة : تتابع لدنا يتماثل عبر أنماط عديدة مختلفة من الكائنات الحية . (انظر gene , mutation).

- High - throughput sequencing

تحديد التتابع لكم كبير : طريقة سريعة لتحديد ترتيب القواعد فى دنا (انظر أيضا sequencing).

- Homeobox genes (Hox genes)

حافظة جينات التحكم فى الموضع أو تعيين الموضع : تتابع قصير من القواعد يكون التتابع فيه متماثلا من الوجهة العملية فى جينات الكائنات المختلفة التى تحويه ، يبدو أن محفظة جينات الموقع تحدد مواضع حلقات الجسم فى الكائنات الراقية، وتوجد محافظ الموقع فى كائنات حية كثيرة ، ابتداء من ذبابة الفاكهة حتى الإنسان .

- Homolog

التناظر : للكروموسوم أو الجين . أحد كروموسومين يقترنان فى زوج فى كائن ثنائى الكروموسومات ، أو جين له الأصل نفسه ويؤدى وظيفته فى نوعين أو أكثر من الكائنات الحية .

- Homologous chromosome

كروموسوم مناظر : كروموسومات تحوى تتابعات خطية للجينات يماثل أحدهما الآخر ، وكل منها مستقى من أحد الوالدين .

- Homologous recombination

إعادة توليف متناظرة : تبادل قطاعات من دنا فيما بين زوج كروموسومات .

- Homology

التشاكل : تشابه فى تتابعات دنا أو البروتين بين أفراد من النوع نفسه للكائن الحى أو من أنواع مختلفة .

- Homo zygote

زيجوت متجانس ، لاقحة متجانسة : كائن حى لديه أليلان اثنان للجين يكونان متطابقين – مثل أن يكونا أليلين للأعين الزرقاء (انظر أيضا heterozygote).

*- Hormone

هرمون : مواد كيميائية تنتجها الغدد الصماء فى الجسم ، أى الغدد التى تصب إنتاجها فى الدم مباشرة ، ويدور الهرمون مع تيار الدم ، وكثيرا ما يمارس مفعوله على أجزاء أخرى مختلفة فى الجسم .

- Hox genes

جينات هوكس للتحكم فى الموضع . (انظر homeo box).

- Human artificial chromosome . (HAC)

الكروموسوم الاصطناعى البشرى : ناقل يستخدم لحمل شدف كبيرة من دنا للعلاج الجينى ولأغراض أخرى . (انظر vector).

- Human genome

الجينوم البشرى : المجموعة الكاملة للجينات اللازمة لإنتاج كل البروتينات التى تنتج الكائن البشرى .

- Human Genome Project

مشروع الجينوم البشرى : مشروع دولى للأبحاث موجه لتعيين وترتيب كل قاعدة فى الجينوم البشرى، وتم إصدار النسخة النهائية للجينوم فى أبريل ٢٠٠٢ .

*- Huntington`s disease (chorea)

مرض (رقصة) هنتنجتون : مرض وراثى عصبى يبدأ ظهوره فى سن البالغين ويؤدى إلى تدهور عقلى وجسدى يتزايد تدريجيا ، ويتميز بحركات لا إرادية وكأن المريض يرقص، والمرض مميت ولا علاج له حتى الآن ، وينتج عن توارث طفرة جين سائد بحيث تتكرر ثلاث قواعد ، هى س أو ج ، تكرارا مفرطا .

*- Hybrid

هجين : ذرية من والدين يختلفان وراثيا ، كالبغل الذى ينتج من ذكر حمار وأنثى حصان . (انظر heterozygote).

- Hybridzation (DNA)

تهجين (دنا) : عملية ضم خيطين متكاملين من دنا ، أو خيطين أحدهما من دنا والآخر من رنا؛ لتشكيل جزئ من خيطين مزدوجين .

- Identical twin

توأم متطابق : توأم ينتج أصلا عن بويضة مخصبة واحدة، ففى الأحوال العادية تنقسم البويضة المخصبة إلى خليتين ثم أربع خلايا ثم ثمان وهكذا دواليك ، وتظل الخلايا دائما متماسكة معا حتى يكتمل الجنين ويولد، وفى أحوال نادرة تنفصل الخلايا فى طور مبكر من الانقسام ، كطور الخليتين مثلا ، وعندها تواصل كل خلية منفصلة الانقسام والتنامى إلى جنين منفصل هو توأم يتطابق مع التوأم الآخر بحيث يكون لكل توأم متطابق التركيب الوراثى نفسه مثل الآخر، وهناك نوع آخر من التوائم تسمى التوائم الأخوية أو الشقيقة ، وهو النوع الأكثر شيوعا من التوائم، وتنتج أصلا عن عدة بويضات أُخصبت كل منها مستقلة عن الأخرى. ويكون التركيب الوراثى للتوائم الأخوية غير متطابق ويختلف فى كل توأم أخوى عن الآخر بمثل اختلاف كل أخ أو شقيق عن الآخر .

- Immunotherapy

العلاج المناعى : طريقة يستخدم فيها الجهاز المناعى الخاص بالمريض نفسه لمعالجة المرض. الفاكسينات فيها المثل لذلك .

- Imprinting

الطبع ، الدمغ : ظاهرة بيوكيميائية تحدد (بالنسبة إلى بعض الجينات) أى أليل من ازواج الآليلات – أليل الأم أو أليل الأب – هو الذى سيكون نشطًا فى شخص بعينه.

- Informatics

المعلوماتية : انظر . bioinformatics

- Inherit

يرث : مصطلح وراثى يشير إلى الطريقة التى يحصل بها أفراد الذرية على دنا من والديهم .

Insertion –

إيلاج : عملية يشار لها أيضا بأنها الطفر الإيلاجى، تحدث عندما تُدمج قطعة من دنا فى جين شغال وتوقع الاضطراب فى وظيفته الطبيعية . (انظر gene ; mutation).

- Intellectual property rights

حقوق الملكية الفكرية : البراءات ، وحقوق الطبع ، والعلامات التجارية . (انظرpatent).

- Interferon

الإنترفيرون : فئة من بروتينات صغيرة لها تأثيرات فعالة مضادة للفيروس .

Interleukin -2 (IL-2) –

الإنترليوكين –(٢) : بروتين فى جسم الإنسان مسئول عن تنبيه الجهاز المناعى لإنتاج خلايا الدم البيضاء .

- Intravenouse (IV) injection

حقن وريدى ، داخل الوريد : حقن مادة داخل تيار الدم من خلال أحد الأوردة .

- Intron

إنترون : تتابع من دنا يعترض جزء الجين الذى يشفر لدنا ؛ يقوم رنا باستنساخ الإنترون، إلا أن الإنترون يُحذف من الرسالة قبل ترجمتها إلى بروتين .

(انظر أيضا junk DNA ; exon)

- In vitro

فى الأنابيب ، فى الآنية الزجاجية (المعمل) : تجربة أو عملية تجرى خارج الكائن الحى، كأن تُجرى فى أنبوبة اختبار أو طبق بترى فى المعمل .

- In vivo

فى الجسم الحى : تجربة أو عملية تجرى داخل كائن حى .

- IQ (intelligent quotient)

أى كيو (مخصورة معامل الذكاء) معامل تجُعل فيه علاقة ارتباط بالذكاء .

*- IRB (Institional Review board)

أى آربى (مخصورة لجنة مراجعة المؤسسات) : مجموعة مستقلة للإشراف على التجارب الإكلنكية (فى الولايات المتحدة) وتتضمن نمطيا أطباء ، وممرضات ، ومشرفين اجتماعيين ، وعلماء أخلاق ، وأنصار المرضى، وهذه اللجان مسئولة عن الإشراف على كل تجارب العلاج الجينى فى أى مؤسسة بالولايات المتحدة ، إلى جانب دور الهيئات الأخرى مثل إدارة الغذاء والدواء .

*- IVF (in vitro fertilization)

أى فى إف ، مخصورة الاخصاب فى الآنية الزجاجية للمعمل (أطفال الأنابيب): طريقة لإخصاب البويضة بالحيوانات المنوية فى بيئة المعمل خارج الجسم، والإخصاب لا يجرى فى الواقع فى أنابيب اختبار ، وإنما يجرى فى أطباق بترى .

*- Junk DNA

دنا اللغو ، دنا الخردة : امتدادات طويلة من دنا لا تشفر لمعلومات للجنيات، والحقيقة أن معظم الجينوم يتكون مما يزعم أنه دنا اللغو ، وإن كان من المحتمل أن يكون لهذا الدنا دور تنظيمى أو وظائف أخرى، وهو يسمى أيضا دنا غير الشفرى، فالبصمة الوراثية تعتمد على تكرارات فى قواعد دنا اللغو تكون خاصة بكل فرد مثل بصمة الإصبع . كما يوجد فى دنا اللغو تتابعات مماثلة لما فى دنا فيروسات أو خلايا بكترية كأنها نوع من حفريات تطورية ، فتجعل الإنسان هكذا بمثابة متحف متحرك للتطور.

- Karyotype

صورة تصنيف كروموسومى : صورة تكشف عن كل كروموسومات الفرد، ويستخدم الباحثون صورة التصنيفات الكروموسومية للعثور على علاقة ارتباط لأوجه الشذوذ الكروموسومية الجسيمة مع بعض أمراض معينة – مثل الكشف عن كروموسوم إضافى أو عن غياب كروموسوم .

- Kilobase (kb)

كيلو قاعدى : وحدة لطول تتابعات دنا تساوى ١٠٠٠ نيوكليوتيد أو ١٠٠٠ زوج من القواعد .

- Knockout (a gene)

إبطال (أحد الجينات) : الإيقاف المتعمد لنشاط جينات معينة ، ويستخدم ذلك فى حيوانات التجارب المعملية لدراسة وظيفة الجين (انظر **model organisms**).

- Laws of inheritance

قوانين الوراثة : القوانين التى صاغها جريجور مندل فى ١٨٦٠، وينص قانون العزل على أن كل خاصية وراثية يتم التحكم فيها بواسطة عاملين (أليلان لأحد الجينات) يكونا منفصلين ويمر كل واحد منهما منفردا داخل البويضة والمنوى، وينص قانون التصنيف المستقل على أن الأليلين المقترنين فى زوج ينفصل أحدهما مستقلا عن الآخر عند تشكيل الخلايا التكاثرية .

*- Leukemia

ليوكيميا ، سرطان ابيضاض الدم : نوع من السرطان يبدأ فى خلايا الدم البيضاء التى تتنامى فى النخاع ، فتظهر أعداد كبيرة منها فى تيار الدم .

- Library (of DNA)

مكتبة (لدنا) : مجموعة من تتابعات مستنسخة لدنا .

- Li - Fraumeni syndrome

متلازمة لى – فروميني : متلازمة تنتج عن طفرة فى جين " بى ٥٣ (= p 53)" الكابح للورم ، ويؤدى هذا الخلل الوظيفى إلى الاستهداف لسرطانات عديدة .

- Linkage

الترابط : تقارب واسمين أو أكثر فوق أحد الكروموسومات (كتقارب جينين مثلا)، وكلما زاد قرب الواسمين ، زادت احتمالات أن يرثهما معا الفرد من الذرية، وهذا هو السبب فى أن الجينات المترابطة تكون استثناء لقوانين مندل الوراثية .

(انظر Laws of inheritance).

- Linkage analysis

تحليل الارتباط : طريقة للعثور على الجينات المسببة للمرضى بأن نتتبع أنماط الوراثة عموما ، والعائلات التى لها احتمال أكبر لخطر الإصابة ، ومحاولة اكتشاف الصفات التى تتشارك فى توارثها فى هذا المرض .

- Linkage map

خريطة الترابط : خريطة لموضع الجينات على الكروموسوم ، وتتحدد بواسطة مدى كثرة توارث الجينات معا .

- Liposome

ليبوسوم ، غشاء دهنى : فقاعة دهنية اصطناعية مصنوعة من جزيئات دهنية يمكن أن تحوى موادا ، بما فى ذلك أدوية ، أو تتابعات لدنا ، تصممً ليتم امتصاصها بخلايا معينة .

- Locus

موضع : موضع فيزيقى لجين أو واسمة أخرى على أحد الكروموسومات. (انظر gene expression).

*- Loa Gehrig disease

مرض لو – جيريج : مرض وراثى يشل جهاز الحركة . (انظر amyotrophic lateral sclerosis).

- Lymphocyte

خلية ليمفاوية : خلية صغيرة من خلايا الدم البيضاء ولها دور مهم فى الدفاع عن الجسم ضد المرض، فهناك نوعان رئيسيان من الللمفاويات : خلايا (بى = B) التى تصنع الأجسام المضادة لتهاجم السموم والبكتريا، وخلايا (تى = T)، التى تهاجم الخلايا التى فى الجسد إذا أصابتها عدوى بالفيروسات أو إذا تحولت لخلايا سرطانية .

*- Macular degeneration

ضمور بقعى : خلل وظيفى فى الشبكية يؤدى إلى سوء الإبصار أو العمى .

- Malignant (tumor)

(ورم) خبيث ، ورم سرطانى .

*- Markers (genetic)

واسمات (وراثية) : علامات مميزة مثل وجود قواعد لدنا فى تتابعات مميزة تختلف من فرد لآخر . (انظر Gene markers).

- Maternal inheritance

توارث أموى : دنا الذى يتم توارثه من الأم وحدها – مثل دنا الذى يكون موضعه داخل الميتوكوندريا .

- Megabase (Mb)

ميجا قاعدة : وحدة قياس لشدف دنا تساوى ١ مليون نيوكلتيد أو زوج قواعد .

*- Melanoma

ميلانوما : سرطان يبدأ فى خلايا الجلد التى تحوى صبغة الميلانين ، ثم ينتشر إلى الأعضاء الداخلية، وتعد الميلانوما من أكثر السرطانات خبثا وسرعة فى الانتشار، وعادة تقتل المريض فى زمن قصير .

- Mendelian inheritance

التوارث المندلى : مصطلح على اسم جريجور مندل ، وهو منهج تمرر به الصفات الوراثية من الوالدين للذرية، ومندل هو أول من درس وتبين وجود الجينات . (انظر أيضا autosomal dominant ; recessive allele ; sex-linked).

*- Meningitis

حمى الالتهاب السحائى ، الحمى الشوكية : التهاب فى أغشية المخ والنخاع الشوكى يصحبه حمى وقئ وصداع شديد مع تصلب فى الرقبة .

- Messengor RNA , mRNA

رنا الرسول : جزئ من خيط واحد لحمض الريبونيكلييك، الذى يترجم المعلومات من دنا إلى أجزاء الخلية التى تجمّع البروتين .

*- Metabolism

الأيض : العمليات الكيميائية التى تحافظ على بقاء الخلية الحية أو الكائن الحى. وللأيض جانبان ، جانب البناء وجانب الهدم .

- Metastasis

النقيلة ، الثانويات : خلايا سرطانية قد انفصلت عن السرطان الأصلى وانتقلت منتشرة إلى مواضع أخرى فى الجسم ، مكونة أورام جديدة فى تلك الأماكن .

- Microarray

مصفوفة ميكروية : رقيقة بها حجيرات بالغة الصغر لاختزان شدف من دنا ، أو أجسام مضادة ، أو بروتينات ، مما يتيح للباحثين إجراء تفاعلات كيماوية على عينات كثيرة فى كل مرة .

*- Microsome

ميكروسوم : أحد أنواع الحبيبات الدقيقة فى سيتوبلازم الخلية .

*- Microsort

الفرز المجهرى : استخدام وسائل معملية لتحديد جنس الوليد كذكر أو أنثى حسب طلب الوالدين .

*- Mitochondria

ميتوكوندريا : عضيات أو بنى توجد فى سيتوبلازم كل خلية ، وهى مكان إنتاج الطاقة. الميتوكوندريا تطورات أصلا من البكتريا وتحوى دنا فى شكل مماثل لشكله فى البكتريا، ودنا الخاص بالميتوكوندريا منفصل عن دنا الموجود فى نواة الخلية على الكروموسومات الموجودة فى ٢٣ زوجا؛ دنا الميتوكوندريا يورث فقط من الأم، وكثيرا ما يستخدم فى تعيين الخط الأموى لانحدار هذا الدنا من الأم فالجدة وجدة الجدة... إلخ .

- Model organisms

كائنات حية نموذجية : حيوان معمل أو أى كائن حى آخر يفيد فى الأبحاث، ومن الكائنات النموذجية النمطية فى أبحاث دنا ذباب الفاكهة ، والديدان المستديرة ، ونبات الخردل ، والفئران .

- Molecule

الجزئ : مجموعة من الذرات تنتظم فيزيائيا لتتفاعل بطريقة معينة ؛ الجزئ الواحد من أى مادة هو أصغر وحدة فيزيقية من هذه المادة المعينة .

- Monoclonal antibody

جسم مضاد أحادى النسيلة ، أحادى النسيخة ، نقى : بروتين يمكن إنتاجه ليتحد على وجه خاص بمادة واحدة فى الجسم ، إما لتسجيل وجودها أو لإيقاف نشاطها .

- Monogenic disorder

مرض أحادى الجين : مرض ناتج عن طفرة جين واحد . (انظر : mutation ; polygenic disorder).

- mt DNA

دنا الميتكوندريا (انظر mitochondria).

- Multifactorial or multigenic disorder

مرض وراثى متعدد العوامل أو متعدد الجينات : مرض وراثى ناتج عن طفرات فى جينات عديدة . (انظر polygenic disorder).

- Multiple sclerosis

التصلب المتعدد : مرض يحدث فيه أن تهاجم خلايا الجهاز المناعى المادة العازلة التى تحيط بألياف الأعصاب فى الحبل الشوكى والمخ، ويؤدى التصلب المتعدد إلى ضعف عضلات متعاود ، وفقدان التحكم فى العضلات ، وكثيرا ما ينتهى بالشلل .

- Mutagen

مُطفر : مادة سامة ، أو عامل بيئى ، أو مادة أخرى تزيد من معدل الطفر .

Mutant

الطافر : خلية أو كائن حى يُظهر خصائص جديدة بسبب تغير فى دنا .

- Mutation

طفر : أى تغير فى عدد أو ترتيب الجين أو تتابعات جزيئاته، والطفر تغير فى شفرة الجين يتم توارثه .

*- Myelogenic leukemia

ليوكيميا النخاع : نوع من سرطان كرات الدم البيضاء أو ابيضاض الدم، وفى الأحوال الطبيعية تتنامى خلايا الدم البيضاء داخل النخاع من خلايا غير ناضجة إلى خلايا ناضجة تدخل إلى تيار الدم، وفى حالة سرطان الدم الأبيض تتزايد الخلايا غير الناضجة وتظهر فى تيار الدم .

*- Myoglobin

ميوجلوبين : بروتين فى خلايا العضلات يختزن الأكسجين ، وتركيبه قريب من تركيب الهيموجلوبين الموجود فى خلايا الدم الحمراء؛ حيث يحمل الأكسجين فى الدم لأجزاء الجسم المختلفة .

*- Myotonic dystrophy

حثل التوتر العضلى : مرض وراثى يؤدى إلى ضعف عضلى متزايد ، وهو أكثر نوع شائع من أنواع الحثل العضلى عند البالغين .

*- Neo - Darwinism

الداروينية الجديدة : تركيب جديد من قوانين مندل للوراثة مع نظرية داروين للانتخاب الطبيعى، ولم يكن داروين يعرف قوانين مندل على الرغم من أنهما تعاصرا، وأعيد اكتشاف قوانين مندل بعد فترة من وفاته ، ذلك أن معظم معاصريه لم يقدروا أهميتها. أدت إعادة اكتشاف قوانين مندل إلى تفهم أعمق لنظرية التطور وتفسير الكثير من الأوجه الملتبسة فيها ، بحيث تطورت نظرية التطور نفسها وظهرت أكثر من مدرسة للداروينية الجديدة .

- Neuro degenerative (disease)

(مرض) ضمور (تحلل) عصبى : مصطلح يوّصف أمراضا مثل: مرض باركنسون والزهايمر؛ حيث يحدث تدهور فى أجزاء من الجهاز العصبى .

*- Neurofibromatosis

داء الأورام العصبية الليفية : أورام حميدة متعددة فى الجهاز العصبى يمكن أن تؤدى إلى التشوه .

*- Neuron

عصبون ، عصبة ، خلية عصبية مع تفرعاتها من محوار وغصينات ومشابك .

- Newborn screening

الفحص الفرزى للمواليد الجدد : فحص عينات دم من وليد جديد للكشف عن منتجات لعيب جينى أو أوجه شذوذ أخرى .

- Nitrogenous base

قاعدة نيتروجينية : مصطلح يشير إلى قواعد الأدنين (أ) والجوانين (ج)، والسيتوزين (س) والثيمين (ث) . (انظر أيضا base ; DNA).

- Nuclear transper

النقل النووى : عملية أساسية تستخدم فى استنساخ الكائنات الحية، وتتضمن إزالة نواة من إحدى الخلايا ، لتغرس بعدها فى بويضة حيوان، ما إن تبدأ هذه البويضة فى الانقسام حتى يمكن استخدام النسيخ الجديد إما فى حصد الخلايا الجذعية أو فى تحبيل أنثى حيوان، والنقل النووى هو العملية التى استخدمها العلماء الاسكتلنديون لتكوين النعجة النسيخة دوللى . (انظر cloning).

- Nucleic acid

حمض نووى : جزئ كبير يتكون من نيوكليوتيدات، ودنا ورنا أحماض نووية .

- Nucleotide

نيوكليوتيد : قاعدة واحدة من دنا أو رنا (أدنين أو جوانين أو سيتوزين أو ثيمين أو يوراسيل) مضافا إليها ما يصاحبها من جزئيات فوسفات وسكر .

Nucleus

نواة : بنية فى الخلية تحوى معظم المادة الوراثية فى شكل ثلاثة وعشرين زوجا من الكروموسومات . (هناك شدفة بالغة الصغر من المادة الوراثية تكمن فى بنية أخرى فى سيتوبلازم الخلية وهى الميتوكوندريا) .

- Oncogene

جين مسرطن : جين يعمل طبيعيا كمنظم لنمو الخلايا، وهناك جينات مسرطنة كثيرة لها نمطيا دور فى نمو الخلية، وعندما يحدث فرط تعبير عن هذه الجينات أو عندما تطفر ، فإنها يمكن أن تسبب السرطان .

Oncology

علم الأورام : العلم الطبى المخصص لدراسة نشأة الأورام ، وتشخيصها ، وعلاجها، وتوقيها .

Organism

كائن حى ، عضى : شىء حى .

*- Osteoporosis

تخلخل العظام ، مسامية العظام ، هشاشة العظام : داء تصبح العظام فيه بالغة الترقق وعرضة للكسر مع صعوبة التحامها ، ويكثر فى النساء فى سن اليأس .

- Parkinson's disease

مرض باركنسون : مرض عصبى يتزايد تدريجيا ويؤدى إلى موت خلايا فى المخ مصحوب بزيادة الانفعال وتأثر التحكم الحركى مما يؤدى لوجود رعشة، وهو يبدأ عادة فى سن كبير، ويسمى أحيانا بالشلل الرعاش .

- Parathenogenesis

التوالد العذرى : تكاثر ينتج عن حمل دون إخصاب أو لقاح ، فتنمو بويضة غير مخصبة إلى كائن جديد كما فى بعض الحشرات والمفصليات .

- Patent (DNA)

براءة اختراع دنا : براء اختراع تمنح لأحد الأفراد أو إحدى المنظمات بالنسبة للحقوق أو للكية أحد الجينات ، أو جين مغاير ، أو جزء يمكن تعيينه من المادة الوراثية .

Pathogen

جرثومة مرضية : كائن حى يسبب المرض .

- Pathway

مسار : منظومة من البروتينات تعمل معا فى مسار، ومثل ذلك أن أحد المسارات قد يتضمن بروتينا يرسل إشارة إلى بروتين آخر ، وهذا بدوره يرسل إشارة إلى بروتين ثالث، وهلم جرا ، حتى يَحدث تأثير بيولوجى .

- **Pedigree**

شجرة نسب : شكل توضيحى لشجرة عائلة يوضح كيف يتم توارث صفة معينة أو مرض معين خلال الاجيال .

- **Penetrance (gene)**

نفوذية (الجين) : مصطلح يدل على مدى احتمال أن طفرة لجين معين ستسبب مرضا.

*- **Peptide**

ببتيد : وحدة فى بناء البروتين تتكون من حمض أمينى واحد أو أكثر، فالببتيدات الكبيرة يشار إليها عادة بأنها ببتيدات متعددة (بوليببتيد) أو بروتينات؛ أى أن الأحماض الأمينية تتحد معا فى ببتيدات تتحد معا فى بروتين .

- **Personalized medicine**

طب شخصانى : إنشاء سبل علاج وأدوية معالجة تستهدف بوجه خاص التركيب الوراثى الخاص بفرد معين .

- **Phage**

فاج : فيروس عائله الطبيعى خلية بكتريا .

- **Pharmacogenomics**

علم الأدوية الجينومية : دراسة طريقة استجابة التركيب الوراثى لأحد الأفراد لأدوية خاصة معينة .

- **Phase I (clinical trial)**

المرحلة الأولى (١) (فى تجربة إكلنكية) : تجربة إكلنكية تختبر علاجا جديدا فى عدد محدود من الأفراد الأصحاء من أجل تحديد أمانه النسبى .

- Phase II

المرحلة الثانية (٢) : تجربة إكلنكية تختبر علاجا جديدا فى عدد محدود من المرضى المصابين بالمرض الذى يقصد بالدواء أن يعالجه، وتقيس تجارب المرحلة الثانية كفاءة الدواء وكذلك درجة أمانه .

- Phase III

المرحلة الثالثة (٣) : تجربة إكلنكية تختبر علاجا جديدا فى عدد كبير من المرضى المصابين بالمرض الذى يقصد بالدواء أن يعالجه، وتقيس تجارب المرحلة الثالثة الكفاءة وكذلك درجة الأمان، وهذه هى المرحلة الأخيرة فى الاختبار قبل أن تقدم إحدى شركات الدواء طلبا "لإدارة الغذاء والدواء " للموافقة على الدواء الجديدة.

- Phenotype (genetics)

المظهر (وراثيات) : الخواص الفيزيقية لأحد الكائنات الحية ، أو وجود أحد الأمراض ، وقد يكون ذلك وراثيا أو لايكون . (انظر أيضا geno type).

*- Phenylketonuria (PKU)

بول الكيتون الفينولى : حالة موروثة لخطأ فى الأيض ينتج عنه زيادة مستويات الحمض الأمينى فينيل ألانين، ويختبر الأطباء عادة المواليد الجدد بالنسبة إلى هذا المرض؛ لأنه إن لم يعالج يمكن أن يؤدى إلى تأخر عقلى شديد، ويتم العلاج بنظام تغذية خاص؛ أى أنها حالة وراثية ولكن علاجها يتم بعامل بيئى .

- Phsical map (DNA)

خريطة فيزيقية (لدنا) : رسم توضيحى يبين مواضع الواسمات القابلة للتعين على دنا. تقاس المسافات على الخريطة بأزواج القواعد، وهناك خرائط أقل تحددا وأخرى أكثر تحددا، وبالنسبة إلى الجينوم البشرى ، تظهر الخريطة الأقل تحددا كل الكروموسومات

الأربعة والعشرين (الثلاثة والعشرين مضافا لها كروموسوم واى) هى وأنماط شرائطها الملونة، أما الخرائط الأكثر تحددا فتظهر التتابع الكامل للقواعد فى كل جين فوق كل كروموسوم .

- Plasmid

بلازميد : البلازميد هو دنا الموجود فى خلية البكتريا فى شكل دائرى خارج الكروموسوم . وهو فى بعض الحالات له القدرة على الاندماج فى جينوم الخلية العائلة، وكثيرا ما يحدث فى الهندسة الوراثية أن تستخدم البلازميدات كعربة نقل تحمل دنا "مولف" أجنبى إلى داخل الخلية .

***- Pleiotropy (gene)**

تعدد تأثير (الجين) : أن يكون للجين الواحد تأثيرات متعددة فى الوقت نفسه ، فيسبب جين واحد صفات فيزيقية عديدة - كأن يسبب مثلا أعراضا كثيرة لمرض وراثى .

***- Pluripotency (stem sell)**

تعدد فعالية (الخلية الجذعية) : إمكانات للخلية الجذعية لأن تتحول إلى أكثر من نوع واحد من الخلايا البالغة ، بما يعتمد على البيئة المحيطة بها، وعلى سبيل المثال تنمى الخلايا الجذعية فى المعمل تحت ظروف معينة من الغذاء والأدوية وغير ذلك فتنمو متحولة إلى خلايا عظم مثلا أو قلب ... إلخ .

- Polygenic disorder

مرض متعدد الجينات : مرض وراثى ينتج عن تأثيرات مشتركة ومركبة لمجموعة من الجينات الطافرة، وعلى سبيل المثال لهذه الأمراض هناك مرض القلب ، والسكرى ، وبعض أنواع السرطان . (انظر Single gene disorder).

- Polymerase chain reaction (PCR)

تفاعل البوليميريز المتسلسل : تفاعل ابتكره كارى ب . موليس ، و طريقة لتكثير تتابع قواعد من دنا حتى تكون هناك عينة بقدر كاف، لأن يختبرها العلماء أو الفنيون ويفحصونها لشتى الأمور، وأحيانا يسمى هذا التفاعل بالنسخ الضوئى الجزيئى، وهذا التفاعل هو التكنولوجيا الأساسية وراء بصمة دنا ويمكن له أن يكوّن ملايين النسخ من جزئ واحد .

- Polymerase, DNA or RNA

إنزيم بوليميريز لدنا أو رنا : الإنزيم الذى يحفز تكوين الأحماض النووية دنا ورنا من الخيوط الموجودة من قبل لهذين الحمضين .

- Polymorphism (DNA)

البوليمورفية ، تعدد الأشكال : وجود اختلاف قابل للقياس بين تتابعات دنا فى الأفراد، وهذا اختلاف قد ينتج عنه اختلاف فى الحالة الصحية، والتباينات الوراثية التى تحدث فى نسبة أكبر من واحد فى المائة من السكان تعتبر تعددا فى الأشكال يفيد عند تحليله. (انظر Linkage analysis ; mutation).

- Polypeptide

ببتيد متعدد ، بولييبتيد : بروتين أو جزء من بروتين، ويتكوّن الببتيد المتعدد من سلسلة من الأحماض الأمينية يتحد كل منها مع الآخر بما يسمى الرابطة الببتيدية .

*- Polyunsaturated fatty acid

حمض دهنى متعدد الروابط غير المشبعة : أحماض عضوية دهنية ذات روابط غير مشبعة بذرات الهيدروجين ، وهى تدخل فى تكوين الدهنيات الطبيعية فى الحيوان والنبات بالاتحاد مع الجلسرين لتشكل الجلسريدات .

- Poputation genetics

وراثيات السكان ، وراثيات العشائر ، وراثيات المجموعات : دراسة طريقة تباين التتابعات بين مجموعة من الأفراد .

- Positional cloning

استنساخ موقعي : تكنيك يستخدم لتعيين الجينات يتأسس على موقعها على أحد الكروموسومات .

- Predictive gene tests

اختبارات تنبؤية للجينات : اختبارات تعين أوجه الشذوذ فى الجين، التى تزيد من احتمال أن يعانى الشخص فى النهاية من أمراض أو أوجه خلل معينة .

- Preimplantation genetic diagnosis (PGD)

التشخيص الوراثى لما قبل غرس البويضة : تكنيك لاختبار البويضات المخصبة فى المعلم لضمان سلامتها صحيا قبل غرزها فى الرحم، ويستخدم لتوقى بعض الأمراض الوراثية التى لا علاج لها .

- Prenatal diagnosis

تشخيص ما قبل الولادة : فحص خلايا جنينية (تؤخذ من السائل الأمنيوسى ، أو المشيمة ، أو الحبل السرى) بحثا عن وجود طفرات معينة بيوكيميائية ووراثية .

- Probe

مجس، مسير : تتابع محدد من خيط واحد لدنا، يكون عادة موسوما بذرة مشعة أو صبغة فلورية ، وقد صمم هذا الخيط بحيث يرتبط بخيط آخر معين من دنا (وبالتالى فإنه يميزه أو يميز وجوده) وهذا الخيط الآخر هو مما يحاول الباحثون العثور عليه، فيجدونه بهذه الطريقة .

*- Prokaryote

ذات النواة الكاذبة : خلية أو كائن حى ينقصه وجود غشاء يفصل المنطقة التى تحوى دنا عن باقى الخلية ؛ البكتريا والطحلب الأخضر أمثلة لذوات الخلية الكاذبة (انظر أيضا eukaryote).

- Proofreader genes

جينات التصحيح : (انظر DNA repair genes).

- Prophylactic surgery

جراحة وقائية : إزالة أنسجة يتهددها خطر أن تصبح سرطانية ، فتزال قبل أن تتاح للسرطان فرصة أن ينمو فيها، ومثل ذلك أن هناك نساء يكن إجابيات لاختبار طفرات بركا (١) وبركا (٢) بما يجعلهن معرضات للإصابة بسرطان الثدى فيخترن إزالة أثدائهن ، وهذا إجراء يعرف بأنه الاستئصال الوقائى للثدى .

- Protein

البروتين : جزئ كبير معقد ، مصنوع من الأحماض الأمينية، والبروتين أساسى لبنية ووظيفة وتنظيم كل منظومة أو جهاز فى جسم الكائن الحى، ومن أمثلة البروتينات الهرومونات ، والإنزيمات ، والأجسام المضادة . وصفة كل بروتينات الجسم مشفرة فى دنا .

- Protein product

منتَج برتينى : جزئ بروتين محدد يُشفَر له ويتم تجميعه بواسطة دنا الموجود فى جين معين .

- Proteome

البروتيوم : كل البروتينات التى يعبر عنها دنا فى جينوم فرد أو عشيرة .

*- **Proteomics**

بروتيوميات : دراسة كل البروتينات التى يشفر لها جينوم ، كأن يكون ذلك للتعرف على بنية كل بروتين منها ، وشكله بأبعاده الثلاثية ، ووظيفته .

- **Pseudogene** .

جين زائف : تتابع لدنا يبدو كأنه جين ولكنه لا يسلك كجين ؛ ربما يكون الجين الزائف بقايا بلا وظيفة لما كان ذات مرة جين له وظيفته، ثم تجمعت فيه عبر الزمن طفرات بعدد أكثر مما ينبغى .

- **RAC (Recombinabt DNA Advisory Committee)**

آر إيه سى : مخصورة الكلمات الإنجليزية التى تعنى " اللجنة الاستشارية لدنا المولف"، وهى لجنة من المعاهد القومية للصحة (مقص) فى الولايات المتحدة تعطى المشورة لمدير (مقص) بشأن الموافقة على بروتوكولات العلاج الجينى التى تدعمها "خدمات الصحة العامة " .

- **Race :**

عرق ، جنس ، سلالة : مجموعة من الكائنات الحية يتميز أفرادها بصفات فيزيقية معينة مشتركة منقولة وراثيا عن سلف مشترك ، وهذه المجموعة من السلالة تكوّن تفرعا أضيق من "النوع"، ولا وجود لعرق بشرى نقى أو عرق بشرى أرقى كما يزعم أنصار التعصب العرقى .

- **Receptor**

مستقبِل : بروتين واحد أو مجموعة من البروتينات داخل الخلية أو فوق سطحها ، وترتبط على نحو انتقائى بإحدى المواد (المتركّبة = ligand). وبعد أن يرتبط المستقبل بالمتركبة ، يقدح المستقبل الزناد لاستجابة خلوية محددة .

- Recessiva allele

أليل متنحى : جين يتم التعبير عنه فقط عندما يوجد على الكروموسوم الصنو آليل آخر مناظر هو أيضا متنحى بخلاف ما يحدث عند وجود أليل آخر سائد، والأمراض المتنحية الأوتوسومية تنشأ لدى الأشخاص الذين يتلقون نسختين من الجين الطافر، واحدة من كل واحد من الوالدين ممن يكونوا حاملين للمرض، والأليل المتنحى يسمى أيضا جين متنحى . (انظر أيضا dominant allele).

- Reciprocal translocation

تنقل الموقع بالتبادل : إعادة توزيع الجينات الذى ينتج عندما يتبادل كروموسومان مقترنان فى زوج مناطق من دنا لها بالضبط الطول نفسه والموضع المتناظر نفسه.

- Recombinant clone

نسيغ مولّف : نسخة من تتابع لدنا أو كائن حى تحوى دنا المولّف. (انظر جزيئات دنا المولّف) .

*- Recombinant DNA molecules

جزيئات دنا المولّف : توليف جزيئات دنا من مصدر مختلف، ومثل ذلك أن تُفصل فقرة معينة من دنا البشرى وتدمج فى دنا البكتريا حتى تنتج هذه البكتريا مادة ينتجها جسم الإنسان كهرمون الأنسولين مثلا .

- Recombinant DNA technology

تكنولوجيا دنا المولّف : إجراءات العملية التى تستخدم لتربط معا أجزاء لدنا من مصدر مختلف - كأن يؤخذ مثلا تتابع لدنا البشرى لربطه مع خيط من دنا الغالب فى البكتريا، وهذه التكنولوجيا تشيع الإشارة لها أيضا بأنها هندسة وراثية ، و وصل للجين .

- Recombination

التوليف : العملية التى ينتهى بها فرد فى ذرية إلى أن يكون لديه توليفة من الچيتـات لا تشبه بالضبط جينات أى من الوالدين .

- Regulatory region or sequence

منطقة تنظيمية ، تتابع تنظيمى : تتابع من قواعد دنا يتحكم فى أن يحدد ما يُعبَّر عنه من جينات فوق كروموسوم معين .

Repetetive DNA

دنا المتكرر : تتابعات من أطوال مختلفة تحدث بنسخ متعددة فى الجينوم ؛ دنا المتكرر يكوّن الكثير من الجينوم البشرى .

Replication

التضاعف : مضاعفة المادة الوراثية قبل انقسام الخلية .

- Reporter gene

الجين المبلّغ : انظر واسمات الجين .

- Reproductive cells

الخلايا التكاثرية : البويضة (البيضة) والخلايا المنوية، وكل خلية تكاثرية بالغة تحمل مجموعة واحدة من ثلاثة وعشرين كروموسوما ، والخلايا الأخرى فى الجسم تسمى الخلايا الجسدية وتحوى كل منها مجموعة مزدوجة من ثلاثة وعشرين زوجا من الكروموسومات .

- Resolution

درجة التحدد : درجة التفصيل فى خريطة فيزيقية لدنا .

*- Restriction enzyme

إنزيم التحديد : بروتين يتعرف على تتابعات قواعد قصيرة معينة ويقطع دنا عند هذه المواقع بالضبط، وتحوى البكتريا ما يزيد عن ٤٠٠ من هذه الإنزيمات التى تتبين وتقطع مايزيد عن ١٠٠ تتابع مختلف من دنا، وهذه الإنزيمات أدوات مهمة فى صندوق أدوات عالم الوراثة، وتعمل هذه الإنزيمات فى الهندسة الوراثية كأداة لعمليات تشبه ألعاب قص الورق ولصقه؛ وفهى تقص تتابعات امتداد معين من دنا أحد الكائنات وتلصقها فى دنا كائن آخر . (انظر أيضا recombinant DNA molecules).

- Restriction fragment length polymorhpism (RFLP)

تحديد بوليمورفية طول الشدف (رفلب) : تباين الأفراد فى أحجام شدف دنا بسبب إنزيمات التحديد الخصوصية، وكثيرا ما تنتج الرفلبات عن طفرات عند مكان للقطع وكثيرا ما تكون مفيدة كواسمات تفيد صائدى الجينات . (انظر polymorphism).

- Retinoblatoma

سرطان الأورمة الشبكية : نوع من السرطان ينتج عادة عن غياب زوج معين من الجينات الكابحة للسرطان، ويظهر النوع الوراثى على نحو نمطى فى سن الطفولة ، حيث يكون جين واحد غائب منذ وقت الولادة .

- Retroviral infection

العدوى بفيروس ارتجاعى : وجود فيروسات تحوى رنا وتستخدم رناها لتكوين دنا جديد فى خلية العائل، فيروس نقص المناعة البشرى (HIV) "الإيدز" فيروس ارتجاعى .

- Reverse transcriptase

الترانسكريبتيز الانعكاسى : إنزيم تستخدمه الفيروسات الارتجاعية لتكون من رناها تتابعا من دنا المكمل، ثم يولَج دنا الناتج داخل كروموسومات الخلية العائلة .

*- Rheumatoid arthritis

التهاب المفاصل الروماتيدى : نوع من التهاب مزمن مناعى يصيب عادة المفاصل الصغيرة ويؤدى لتصلبها .

- Ribonucleic acid (RNA)

حامض ريبونيوكليك (رنا) : جزئ من مادة كيميائية توجد فى نواة وسيتوبلازم الخلية؛ وهو يترجم التعليمات التى تشفر للبروتين فى دنا ليحولها إلى شفرة يمكن أن تفهمها ريبوسومات الخلية التى تبنى بروتيناتها، وبنية تركيب رنا تشبه دنا – فرنا يحوى أيضا أدنين (أ) ، وجوانين (ج) ، وسيتوزين (س) ، ولكنه يحوى اليوراسيل (يو) بدلا من الثيمين (ث) .

*- Ribosomes

ريبوسومات : عضيات فى سيتوبلازم الخلية هى التى تبنى بروتيناتها ؛ وهى مواضع تركيب البروتين (انظر ribonucleic acid).

- Risk communication

توصيل المعلومات عن المخاطر : يعنى هذا فى علوم دنا العملية التى يقوم بها المستشار الوراثى عندما يفسر ويوضح لأحد المرضى نتائج الاختبار الوراثى .

- Sanger sequencing

طريقة سانجر لتحديد التتابع : الطريقة التى أنشأها فريد سانجر فى سبعينيات القرن العشرين لتحديد ترتيب قواعد دنا، وهى تسمى أحيانا طريقة دايديأوكسى للتابع . (انظر أيضا sequencing ; shot gun sequencing).

*- Sarcoma

ساركوما : ورم خبيث ينشأ فى نسيج ضام وكثيرا ما يظهر فى العظام والعضل، وأحيانا تعد كلمة سرطان شاملة أيضا لأورام الساركوما ، إلا أن كلمة السرطان

يقصد بها غالبا أورام الأنسجة الطلائية، بينما تخصص الساركوما لأورام الأنسجة الضامة .

- Screening

الفرز : اختبار للعثور على أدلة عن مرض معين فى الأفراد الذين ليس لديهم أعراض لهذا المرض .

- Segregation

العزل ؛ الفصل : العملية البيولوجية الطبيعية التى يحدث فيها أن كروموسومين مقترنين فى زوج ينفصلان فى أثناء عملية الانقسام الميوسى للخلية (المنصف) ويتوزع كل منهما عشوائيا بين الخلايا الجرثومية .

*- Senior citizen

مواطن مسن : لقب شرفى لكبار السن الذين يكرمون عادة فى الدول الغربية بأن يمنحوا مثلا بعض الإمتيازات فى وسائل النقل والتخفيضات فى أجور المتاحف والمسارح ... إلخ .

- Sequence assembly

تجميع التتابعات : عملية تحديد ترتيب الشدف المتعددة من دنا التى تم تحديد تتابعها.

- Sequence tagged site (STS)

تتابع وسم الموقع (إس تى إس) : تتبع قصير من دنا (طوله ٢٠٠ إلى ٥٠٠ زوج من القواعد ، يظهر مرة واحدة فى الجينوم البشرى وله موقع وتتالى معروف، وعندما يتعرف تفاعل البوليميرز المتسلسل على تتابع وسم الموقع ، يكون هذا التتابع مفيدا كواسمة ومفيدا فى وصل التتابعات المختلفة الآتية من معامل مختلفة، واسم التتابع المعبّر عنه (EST) هو (إس تى إس) مستقى من خيوط دنا المكمل .

- Sequencing

تحديد التتابع ، السلسلة : عملية تحديد ترتيب القواعد فى جزئ دنا ؛ المصطلح قد يشير أيضا إلى تحديد تتابع الأحماض الأمينية فى جزئ بروتين .

- Sequencing technology

تكنولوجيا تحديد التتابع : الأدوات والعمليات المستخدمة فى تحديد ترتيب القواعد فى دنا .

- Sex chromosme

كروموسومات الجنس : كروموسوما إكس و واى فى الإنسان ؛ وهما اللذان يحددان جنس كل فرد؛ فالأنثى لديها كروموسومان اثنان من إكس ؛ والذكر لديه كروموسوم إكس واحد وكروموسوم واى واحد، الكروموسومان الجنسيان يشكلان الزوج الثالث والعشرين من الكروموسومات فى صورة التصنيف الكروموسومى . (انظر autosome).

- Sex - linked (disease)

(مرض) مرتبط بالجنس : أمراض أو صفات مصاحبة لكروموسوم إكس أو واى ؛ عادة توجد فى الذكور .

*- Sexual reproduction

تكاثر جنسي : إنتاج ذرية يحدث باتحاد دنا من فردين من النوع نفسه ، أى ذكر وأنثى، يتم ذلك عن طريق إخصاب الحيوان المنوى للبويضة .

*- Shotgun sequencing

طريقة بندقية الرش لتحديد التتابع : طريقة استخدمتها شركة سيليرا جينومكس لتعجيل تحديد تتابع الجينوم البشرى، وتتطلب الطريقة أن تُشق الكثير من النسخ

المستنسخة من الجينوم ويحدد تتابع القطع عشوائيا ، دون معرفة مسبقة بالمكان الذى ينتمى له أصلا هذا القطاع وهو فى الجينوم، ويقوم بعدها كمبيوتر عالى القدرة بترتيب تتابع القواعد فى أرجح ترتيب محتمل، وهذا بخلاف الطريقة الأخرى التى تسمى تحديد التتابع الموجًه؛ حيث يتم تحديد تتابع قطع من دنا من مواقع كروموسومية معروفة، وسميت هذه الطريقة ببندقية الرش؛ لأن الطريقة تتضمن استنسال لدنا التكميلى تبدو فيه المستعمرات المستنسلة فى شكل عنقودى يشبه قذائف بندقية الرش. (انظر أيضا Library).

*- Sickle cell anemia

إنيميا الخلية المنجلية : مرض وراثى يصيب غالبا السود ، وينتج عنه هيموجلوبين شاذ التكوين يشوه شكل خلايا الدم الحمراء لتبدو مقوسة كالمنجل، ويعمل الجهاز المناعى فى الجسم على تكسير هذه الخلايا فينتج فقر دم أو أنيميا، ويصحب ذلك تلف فى الاعضاء فى الجسم كله ، وقد يكون المرض أحيانا مميتا .

- Single gene disorder

مرض الجين الواحد : مرض وراثى قد تسبب عن أليل طافر لجين واحد، ومن أمثلة ذلك مرض الخلية المنجلية وسرطان الأرومة الشبكية .

- Single nucleotide polymorphism (SNP)

تعدد شكل (بوليمورفية) النيوكليوتيد الواحد : تباين تتابع دنا الذى يحدث عند تغير نيوكليوتيد واحد (أ أو ث أو س أو ج) فى تتابع الجينوم .

- Small molecule drug

دواء الجزئ الصغير : مركب كيميائى نشط واحد أو أكثر ، يصاغ عادة فى شكل حبة، ويتفاعل مع هدف بيولوجى محدد ليحدث تأثيرا علاجيا .

- Somatic cell

خلية جسدية : أىّ خلية فى الجسم ، فيما عدا الخلايا الجنسية ومراحلها الأولية .

- Somatice cell gene therapy

العلاج الجينى للخلايا الجسدية : تكنيك تجريبى تُدمج فيه مادة وراثية داخل الخلايا لعلاج أمراض وأوجه شذوذ، وفى هذا العلاج لا تذهب المادة الجديدة داخل الخلايا الجنسية ، وبالتالى فإن هذه التغيرات الوراثية لا تمرر لذرية المريض، والعلاج الجينى للخلايا الجسدية هو النوع الوحيد من العلاج الجينى الذى وافقت عليه إدارة الغذاء والدواء . (انظر gene therapy).

- Somatic cell mutation

طفر الخلية الجسدية : انظر acquired mutations .

*- Spinal muscle dystrophy

الضمور العضلى الشوكى : مرض عصبى وراثى يصيب الأطفال ويؤدى إلى هزال متزايد فى العضلات ، ويكون عادة مميتا .

- Spinocerebellar ataxia

الرنح الشوكى المخيخى : مرض عصبى وراثى مع تلف فى الحبل الشوكى والمخيخ يؤدى إلى عدم الاتساق الحركى مع حركات لا إرادية، وخلل فى ردود الفعل وتفجر نوبات للكلام .

- Sporadic cancer

سرطان عارض : سرطان لم يورث عن الأبوين ، وإنما نتج عن طفرة جينية عشوائية. وهو ينتج عن تغيرات لدنا فى إحدى الخلايا ، فتنمو الخلية وتنقسم بلا تحكم، وتنتشر فيما بعد خلال الجسم . (انظر hereditary cancer).

*- Stem cell

الخلية الجذعية ، الخلية الأصل : خلية مبكرة غير متمايزة توجد فى نخاع العظام وفى الأجنة، ولها القدرة على أن تتكاثر وكذلك القدرة على أن تتنامى إلى أنواع مختلفة من الخلايا البالغة المتخصصة أو المتمايزة، وتستخدم الخلايا الجذعية فى تجارب العلاج الجينى لإنتاج أنسجة سليمة تحل مكان الأنسجة التالفة فى القلب مثلا أو المخ، وقد أباحت دول كثيرة تجارب الاستنساخ البشرى حتى مرحلة الأسبوعين فقط من عمر الجنين ، وذلك لإنتاج هذه الخلايا بكميات أكثر ، وقدرات أكبر .

- Structural genomics

الجينوميات البنيوية : مجال علمى لتحديد البنية الثلاثية الأبعاد للبروتينات من خلال تكنيكات تجريبية ومحاكيات الكمبيوتر .

Substitution

الإبدال : الإبدال فى علوم دنا هو نوع من الطفر ناتج عن إحلال إحدى قواعد دنا بقاعدة أخرى، وهو أيضا قد يشير إلى إحلال حامض أمينى فى أحد البروتينات بحامض أمينى آخر . (انظر Mutation).

- Suppressor gene

جين كابح : جين عندما يتم التعبير عنه يستطيع أن يكبح مفعول جين آخر .

*- Syndrome

متلازمة : نمط من عدة أعراض أو أوجه شذوذ تتلازم معا وتدل على صفه معينة أو مرض معين، وكان المصطلح يستخدم أولا عند وجود عدة أعراض متلازمة لايوجد تفسير من مرض واحد يجمعها معا، وكان يطلق عادة على المتلازمة أسماء أول من وصفوها من الأطباء .

- Tandem repeat sequences

تتابع تكرار مترادف : أن يحدث التتابع نفسه للقواعد فى نقط متعددة على الكروموسوم ؛ يكون هذا مفيدا كواسمات لرسم الخريطة الفيزيقية . (انظر physical map).

- Targeted mutagenesis

تكوين طفر مستهدَف : طفر يتم إحداثه فى المعمل فى تتابع جينى عند موقع معين على الكروموسوم ؛ يستخدم الباحثون هذا الطفر للكشف عن وظيفة معينة . (انظر muta- tion ; polymorphism).

- Tay - Sachs disease

مرض تاى – ساكس : مرض وراثى يصيب الأطفال ويسبب تأخر عقلى شديد وموت مبكر، وينتج المرض عن طفرة متنحية لأحد الجينات ، ويشيع خاصة بين اليهود اللذين يرجع أصلهم إلى أوروبا الشرقية .

- Technology transfer

نقل التكنولوجيا : أن تؤخذ الاكتشافات العملية من معامل البحث إلى داخل الشركات – أو أن تؤخذ من شركات البيوتكنولوجيا إلى الشركات الدوائية – حيث يمكن تسويقها بهدف الحصول على ربح .

- Telomerase

التيلوميريز : الإنزيم المسئول عن توجيه تضاعف التيلومير. (انظر telomere).

- Telomere

التيلومير : بنية خاصة عند نهاية كل كروموسوم، والتيلومير له دور فى التضاعف المتواصل لدنا . (انظر DNA replication).

- Teratogenic

مشوه للجنين : الإشعاع ، أو السموم ، أو الكيماويات التى تسبب نمو الأجنة نموا فيه شذوذ ويكون مصحوبا بتشوهات فى الجين . (انظر mutagen).

*- Thalassemia

الثالاسيميا : نوع من الأنيميا الوراثية يكون أحيانا مميتا للأطفال .

*-Think tank

مستودع فكرى : تجمع من المفكرين أو العلماء يتداولون فى مشكلة أو مشكلات معينة .

- Thymine (T)

ثيمين (ث) : إحدى القواعد الأربعة فى دنا ، وتقترن دائما فى زوج مع الأدنين (أ) . (انظر أيضا base pairs ; nucleotide).

*- Transcription

استنساخ ! ، تنسُّخ : نسخ المعلومات من دنا إلى خيوط جديدة من رنا الرسول، ويحمل رنا الرسول بعدها هذه المعلومات إلى الريبوسومات ، حيث تعمل هناك كوصفة لتُرص معا الأحماض الأمنية اللازمة لبناء أحد البروتينات، وترجمة المصطلح هنا بالاستنساخ فيها لبسّ مع ترجمة cloning بالكلمة نفسها، إما أن تعدل ترجمة cloning إلى استنسال أو تعدل ترجمة Transcription إلى تنسخ .

- Transfer RNA (tRNA)

رنا الناقل : نوع من رنا له دوره فى تركيب البروتين ، ودوره يتعلق على وجه التحديد بأن يرتبط بالأحماض الأمينية لينقلها إلى الريبوسومات؛ حيث تُرص الأحماض معا على أساس الشفرة المحمولة فى رنا الرسول .

- **Transformation**

التحول : كيف أن جينوم خلية معينة يُعدٌ بأن يضاف له دنا من خلية غريبة (أى من كائن حى آخر) .

- **Transgenic**

عبر جينى : كائن حى يتم تكوينه بطريقة اصطناعية تحدث بأن يدمج العلماء دنا أجنبى داخل الخط الجرثومى للكائن الحى . (انظر germ line).

- **Translation (genetic)**

ترجمة (وراثة) : عملية أخذ تعليمات من رنا الرسول ، قاعدة بعد قاعدة ، تترجم إلى سلاسل من أحماض أمينية مترابطة تُطوى فى النهاية إلى بروتينات، وتحدث هذه العملية خارج النواة ، فوق بنى خلوية (عضيات) تسمى الريبوسومات .

- **Translocation**

نقل الموضع : انفصال قطاع كبير من أحد الكروموسومات ليلتحق بكروموسوم آخر. (انظر mutation).

- **Transposable element**

عنصر قابل للانتقال : تتابعات دنا التى لديها إمكان لأن تستطيع القفز من أحد المواقع الكروموسومية لآخر .

- **Trisomy**

التثلث : حيازة ثلاث نسخ (بدلا من اثنين) من كروموسوم معين . مثل ذلك تثلث كروموسوم ١٣ وهو عيب ولادى شديد ينتج عن وراثة ثلاث نسخ من كروموسوم ١٣ البشرى . (انظر chromosome).

- Tumor - suppressor genes

جينات كبح الورم : جينات خاصة فى الجينوم تعمل طبيعيا على متابعة نمو الخلية وتقييدها، وعندما تطفر هذه الجينات أو عندما لا توجد ، يتيح ذلك للخلايا أن تنمـــو بلا تحكم ، الأمر الذى يؤدى إلى الأورام .

- Uracil (U)

إحدى القواعد الأربع فى رنا ، ويحل مكان الثيمين (ث) فى دنا ، ويرتبط دائما مع الأدنين (أ) . وعلى سبيل المثال، فإن تتابع ج أ ث فى دنا يُترجم دائما إلى ج أ (يو) فى رنا . (انظر base ; nucleotide).

*- Variant

مغاير : تغير فى شكل الجين أو طفر قد يؤدى إلى المرض .

*- Vascular endothelial growth factor (VEGF)

عامل نمو الأوعية الدموية : تستخدم لعلاج السرطان أدوية لإحباط هذا العامل للإقلال من تكوين الأوعية الدموية التى تغذى الورم . (انظر Angiogenesis).

- Vector

الناقل : جزئ من دنا - كثيرا ما يكون أصله من فيروس أو من خلية لكائن حى أرقى - ويستخدم كوسيلة نقل لإدخال دنا أجنبى إلى الخلايا، والناقل أداة مهمة فى العلاج الجينى ، وهو فى الكثيرة الغالبة جزئ من دنا المؤلّف يتم إنتاجه فى المعمل ويحوى دنا من مصدرين مختلفين أو أكثر .

- Virus

فيروس : كائن حى بسيط يتكون أساسا من دنا أو رنا مغطى ببروتين، فالفيروســات لا تستطيع أن تعيش بذاتها ؛ وهى تبقى حية بأن تمرر مادتها الوراثية إلى العائل الذى تصيبه بالعدوى ، وبهذه الطريقة تكاثر من أنفسها . (انظر vector).

- Wild type

نمط برى : ضرب من كائن حى يشيع وجوده غالبا فى الطبيعة .

- Working draft DNA sequence

المسودة التشغيلية لتتابع دنا : مسودة تتابع دنا التى أعلنتها معامل شركة "سيليرا جينومكس" و"مشروع الجينوم البشرى" فى يونيو ٢٠٠٠، والنسخة النهائية الكاملة لتتابع دنا أعلنت فى أبريل ٢٠٠٣ .

- X chromosome

كروموسوم إكس : أحد كروموسومين اثنين للجنس . (انظر أيضا Y chromosome).

- Y chromosome

كروموسوم واى : أحد كروموسومين اثنين للجنس. (انظر أيضا X chromosome).

- Yeast artificial chromosome (YAC)

كروموسوم الخميرة الاصطناعى : كروموسوم يتكون من دنا الخميرة ، وهو ناقل يشيع استخدامه لنسخ (استنساخ ، استنسال) شدف كبيرة من دنا . (انظر vector).

- Zinc-finger protein

بروتين إصبع الزنك : ملمح ملحوظ لبعض البروتينات التى تحوى ذرة زنك .

المؤلفة فى سطور:

چينا سميث

- من أشهر الصحفيات الأمريكيات المتخصصات فى العلم والتكنولوچيا .
- ولها أعمدة ومقالات فى صحف عديدة مثل :

لوس أنجلوس تايم، والعلم الجماهيرى، كما أن لها برنامجًا إذاعيًا إسبوعيًا، يسمعه الملايين بعنوان : على الكمبيوتر مع چينا سميث، وقد فازت بجائزة عن إنجازاتها الصحافية من جمعية صحافة الكمبيوتر .

المترجم فى سطور:

مصطفى إبراهيم فهمى

دكتوراه فى الكيمياء الإكلينيكية، جامعة لندن ١٩٦٩ .

عضو لجنة الثقافة العلمية بالمجلس الأعلى للثقافة بمصر .

ترجم ما يزيد عن خمسين من الكتب العلمية منها: التنبؤ الوراثى، علم الأحياء والأيديولوجية والطبيعة البشرية، النهاية، الطب الإمبريالى والمجتمعات المحلية، الجينوم، الكون فى قشرة جوز، الصيف الطويل .

التصحيح اللغـوى : **صفاء فتحى**
الإشــراف الفنــى : **حسن كامل**